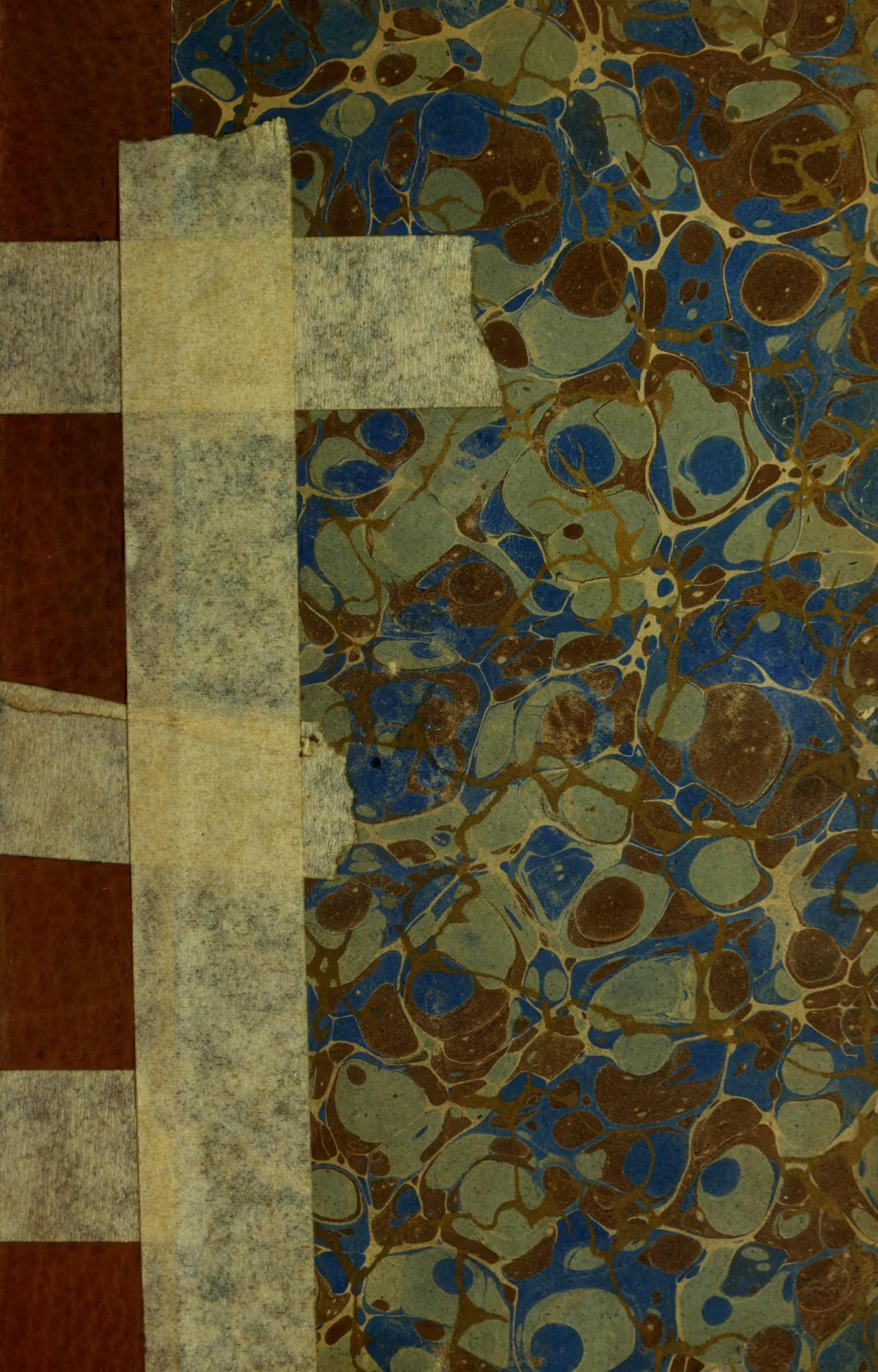
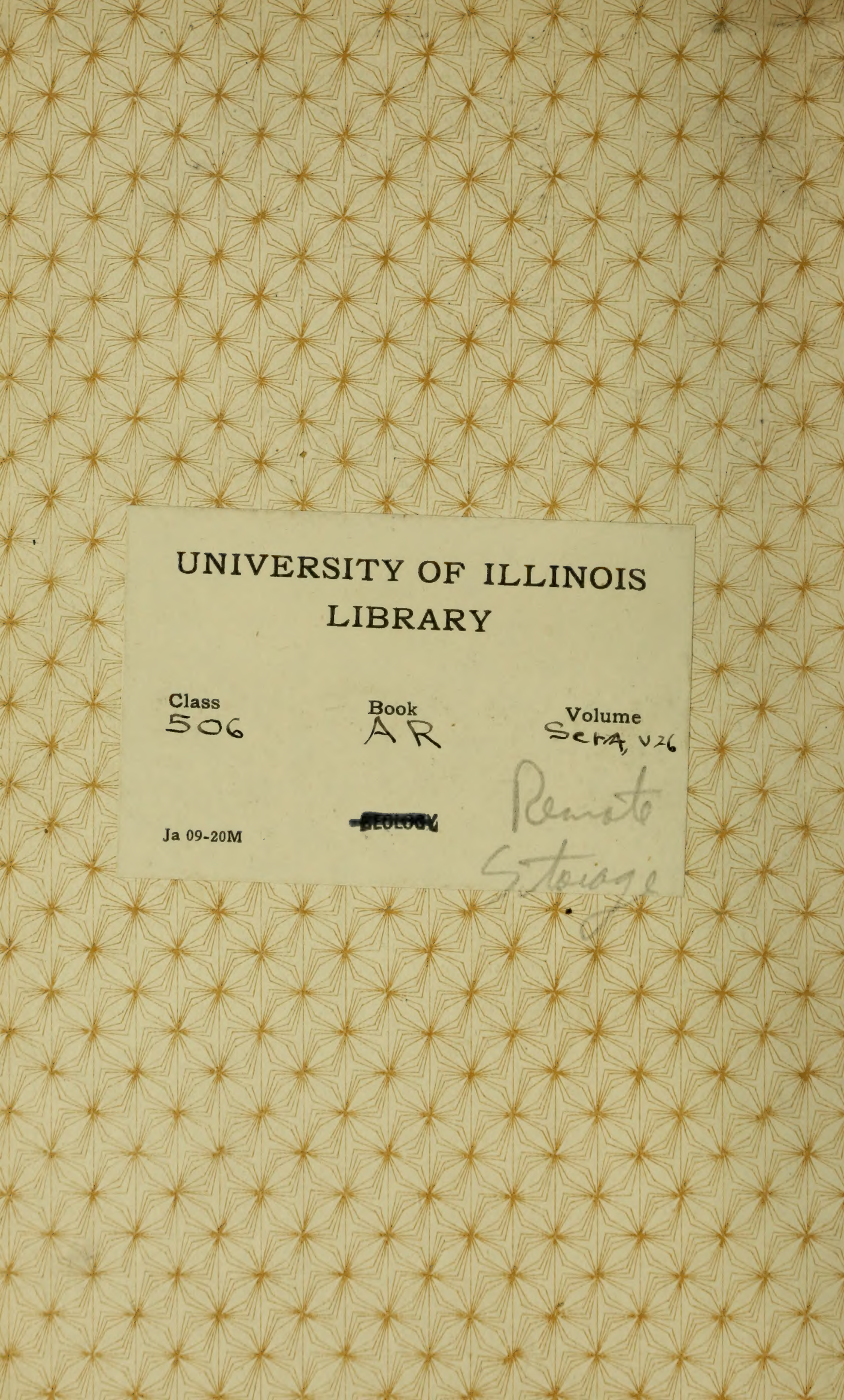



UNIVERSITY OF ILLINOIS
LIBRARY
Class
506
Book
AR
Volume
Ser A, v26
Remote
Storage
Ja 09-20M



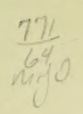
ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

Société générale d'imprimerie, 18, Pélisserie, Genève.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE



ARCHIVES

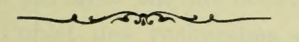
DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

CENT TREIZIÈME ANNÉE

QUATRIEME PÉRIODE

TOME VINGT-SIXIÈME



GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

PARIS — H. LE SOUDIER — 174-176, Boul. St-Germain

LONDRES — DULAU & Cº — 37, Soho Square

NEW-YORK — G. E. STECHERT — 9, East 16th Street

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, GEORG & Cie, à Bale

1908

RAYONS ANODIQUES[1]

PAR

Otto REICHENHEIM

(Berlin)

Si l'on considère la décharge d'un tube ordinaire de Geissler, la cathode semble avoir sur elle une influence beaucoup plus grande que l'anode. La chute cathodique, c'est-à-dire le saut du potentiel qui a lieu dans les confins cathode-gaz, l'espace à raréfaction progressive du gaz autour de la cathode, et surtout les rayons émis à un vide élevé par la cathode (rayons cathodiques), sont les phénomènes qui attirent d'abord l'attention et qui ont aussi fait que la cathode a été en première ligne l'objet des recherches de nombreux savants. C'est aussi de la cathode qu'émanent les rayons canaux découverts par *Goldstein* (1888), rayons qui ont une charge électrique positive et que l'on avait d'abord souvent considérés comme émanant de l'anode. Il semble, comme on l'a reconnu ensuite que l'anode ne participe pas d'une manière sensible à tout le phénomène de décharge ; il existe cependant un certain

[1] Voyez aussi les comptes-rendus de la *Deutsche Physikal. Gesellschaft,* VIII, 21 pg., 559-566, IX, 4 pg., 76-83, IX, 9 pg. 200-204, IX, 19/20, pg. 374-378, X, 5 pg. 217-225.

rapides, nous bornant à parler de celui qui est actuellement utilisé.

La lettre K de la fig. 1 désigne une cathode constituée par un disque d'aluminium ; l'anode est formée par une barre de sel A, entourée circulairement de verre et à laquelle le courant est amené par un fil de cuivre introduit à l'intérieur. Le tube de verre a 2 à 3 mm. de diamètre. Comme matière appropriée à la fabrication de l'anode on peut se servir des mélanges d'un des sels indiqués plus haut, par exemple de LiBr,

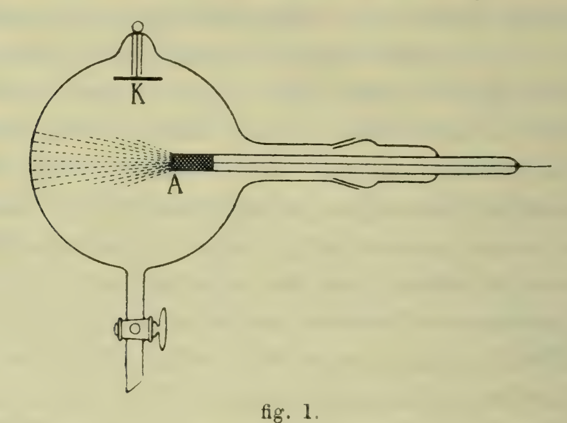


fig. 1.

LiJ, NaJ avec du graphite en poudre, le tout fondu ensemble. Les iodures sont les sels qui conviennent le mieux, non seulement parce que leur point de fusion est peu élevé, mais aussi pour une autre cause que nous verrons plus loin. Avec un vide convenable, une anode en iodure de lithium donne, au passage du courant (qui fut fourni par une machine à influence à 20 plateaux), des rayons de couleur rouge clair, qui montrent les lignes du lithium dans le spectroscope et produisent aux points où ils frappent le verre, une

fluorescence rouge jaunâtre. Les sels de sodium donnent des rayons jaunes, ceux de thallium, des verts, et ceux de strontium, des rayons bleus.

Il est surprenant qu'il se produise à ces anodes des chutes anodiques de plusieurs milliers de volts, de sorte que la chute anodique est souvent sensiblement supérieure à la chute cathodique ; la cause de cette grande différence de potentiel s'explique en partie par les essais mentionnés à la fin de ce travail. Ces rayons se prêtent aux recherches beaucoup mieux que les précédents, à cause de leur plus grande vitesse. Les essais ont montré que les rayons sont perpendiculaires à la surface de l'anode d'où ils partent, que des corps, qu'on interpose sur leur trajet projettent des ombres nettes, que ces rayons produisent à leur point d'incidence des fluorescences caractéristiques et qu'ils sont déviés dans le sens de rayons à charge positive par des champs magnétiques et électriques. Comme on le voit, on peut très bien les mettre en parallèle avec les rayons cathodiques et les différences que l'on trouve sont seulement quantitatives, mais non qualitatives.

On se demande maintenant si les particules prcjetées par les anodes sous forme de rayons se composent de petites particules de sel ou si elles sont constituées par des ions métalliques qui s'échappent du sel fondu et dissocié. Il nous est possible de répondre à cette question si nous pouvons déterminer le rapport de la charge électrique à la masse de la particule en mouvement ε/μ, car nous savons que ce rapport est égal à 95×10^3 pour un ion hydrogène. Cette détermination a été faite de deux manières : premièrement à l'aide de l'effet de Doppler, comme le fit Stark pour les

rayons-canaux. En observant une ligne spectrale d'un faisceau de rayons anodiques se déplaçant vers la fente d'un spectroscope, on remarque deux lignes au lieu d'une seule, qu'on voit ordinairement, une « intensité stationnaire » (*eine ruhende Intensität*, comme l'appelle Stark) du côté des longueurs d'ondes plus courtes d'un espace obscur assez large, puis de l' « intensité mouvementée » consistant en une clarté plus étendue, nette au bord extrême et vague au bord interne. Si l'on photographie cet effet de Doppler, et qu'on détermine la grandeur du décalage des lignes et qu'on mesure la chute anodique à l'aide d'une sonde située dans le voisinage de l'anode, on peut alors calculer ε/μ et la vitesse v des rayons.

En utilisant des rayons de sodium, nous avons calculé que, pour une chute anodique de 2200 volts, la vitesse des rayons les plus rapides est égale à

$$v = 1{,}4 \times 10_7 \text{ cm/sec.}$$

et que

$$(\varepsilon/\mu)_{Na} = 0{,}45 \times 10^3.$$

En tenant compte de la valeur indiquée ci-dessus du ion-hydrogène, nous obtenons :

$$\frac{\mu_{Na}}{\mu_H} = 21,$$

ce qui correspond presque au poids atomique du sodium.

L'autre méthode de détermination de ε/μ et de v consistait à mesurer la déviation des rayons dans un champ magnétique connu et à déterminer en même temps la chute anodique.

Le tableau suivant donne un aperçu de quelques valeurs trouvées pour les rayons de lithium, de sodium et de strontium :

Elément	v (cm/sec)	ε/μ	$\frac{\mu}{\mu H}$	Poids atomique connu
Sodium..	$1,76 \times 10^7$	$0,40 \times 10^3$	23	23
Lithium..	$2,40 \times 10^7$	$1,15 = 10^3$	8,3	7
Strontium	$1,08 \times 10^7$	$0,21 \times 10^3$	90	88

On a admis pour calculer le poids atomique du strontium que la charge ε de la particule de strontium est le double de celle de la particule de lithium ou de sodium ; cette supposition est motivée par la double valeur du strontium.

Comme on le voit par ce tableau, les valeurs ici trouvées se rapprochent beaucoup des poids atomiques déterminés à l'aide d'autres méthodes. Nous sommes par conséquent en droit d'admettre que *ces rayons anodiques sont constitués par des ions métalliques positifs dont la vitesse provient du passage de la chute anodique.*

Une autre considération importante s'impose : Quelle est pour ces anodes la cause de la chute, de hauteur anormale, qui est d'un ordre de grandeur tout autre que la chute anodique normale ? — La solution, au moins partielle, de ce problème est également due à une observation fortuite. On remarqua un jour dans un tube renfermant plusieurs barres actives de sels, que des rayons intenses étaient aussi émis par une anode sur laquelle ne se trouvait aucun sel ; cette anode était simplement constituée par un fil de cuivre

entouré d'un tube de verre ouvert et se terminant à l'intérieur de celui-ci à environ 1,5 cm. de son extrémité. Selon toute apparence, ces rayons anodiques ne provenaient pas de traces de sel qui aurait été distillé des barres de sel voisines, dans la direction du fil. En effet, ces rayons ne prenaient pas naissance sur le fil même, mais se formaient à l'extrêmité du tube de verre ; ils ne montraient pas les lignes spectrales des sels en question, mais surtout les lignes de l'hydrogène. Il s'agissait donc évidemment de « rayons de striction », c'est-à-dire de rayons ayant leur origine dans un étranglement du chemin suivi par le courant dans le gaz.

Afin de pouvoir étudier ces rayons indépendamment de l'action de l'anode elle-même, nous avons procédé à leur examen dans des tubes semblables à ceux de la fig. 2.

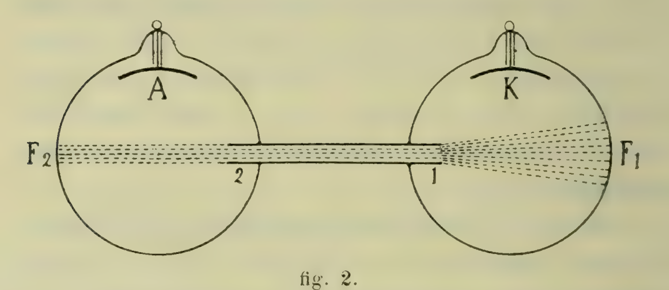


fig. 2.

Si l'on remplit un de ces tubes d'hydrogène et qu'on y fasse le vide, on constate au passage du courant la présence non seulement de rayons cathodiques partant de la cathode, mais aussi de « rayons cathodiques de striction » sortant du tube de jonction des deux sphères du côté de l'anode ; c'est un fait généralement connu. On ne peut toutefois découvrir aucun rayon positif,

mais si l'on introduit des traces de vapeur d'iode dans le tube, il se produit aussitôt ces rayons positifs de striction. Soit A l'anode et K la cathode dans la fig. 2, ces rayons sortent par le raccord tubulaire 1 ; ils montrent au spectroscope les lignes de l'hydrogène et provoquent en F_1, à un vide approprié, la fluorescence caractéristique des rayons positifs ; en 2, il y a production de « rayons cathodiques de striction » qui produisent une fluorescence verte en F_2. Cet essai démontre clairement que la production de rayons anodiques de striction est favorisée au plus haut point par la présence d'une faible quantité de vapeur d'iode.

On remarqua au cours des essais qu'en plus de l'iode d'autres halogènes ou leurs combinaisons, p. ex. le brôme, le chlore, HBr, HJ, HCl, peuvent provoquer la naissance de rayons anodiques de striction. Les essais dans la vapeur d'iode furent toutefois ceux qui réussirent le mieux. C'est aussi ce qui explique le fait mentionné plus haut, que les iodures sont justement les sels convenant le mieux pour la production des rayons anodiques. Il ressort également des essais qu'en présence des corps mentionnés ci-dessus, non seulement l'hydrogène, mais aussi l'oxygène et l'hélium, ont la faculté de produire des rayons, tandis qu'avec l'azote les résultats sont négatifs. Les rayons de l'oxygène ont une couleur grise, ceux de l'hélium, une couleur variant du verdâtre au rougeâtre aux différentes parties des rayons.

On constata, à l'aide de sondes introduites aux endroits appropriés que dans le raccord tubulaire 1, il y a une chute de potentiel élevée, pouvant atteindre des valeurs de 2000 volts et plus, tandis que dans le

reste du tube de jonction le gradient de potentiel est très petit. Les rayons cathodiques de striction de même que les rayons anodiques de striction ont leur origine dans le raccord 1. L'anode même dénote aussi s'il se trouve dans ces tubes de l'hydrogène et de l'iode, une chute de potentiel très élevée, et avec une anode à surface suffisamment petite, on obtient par suite qu'il s'en échappe aussi des rayons anodiques d'hydrogène. Nous sommes donc en face d'un cas d'*émission de rayons positifs d'une anode métallique, p. ex. en aluminium, à une température ordinaire.*

Il ressort des essais qui viennent d'être exposés que l'iode et les autres corps mentionnés ci-dessus jouent un rôle important, aussi bien pour la formation de rayons anodiques que pour celle de rayons anodiques de striction. Pour le moment il est impossible de se prononcer avec certitude sur le mécanisme de ces phénomènes.

Les spectres des rayons anodiques sont de nature excessivement simples. Les rayons de sodium montrent par exemple au spectroscope les lignes D, ceux de lithium, les lignes rouge, orange et bleue. Des essais encore non publiés, que j'ai faits avec des rayons de sels alcalino-terreux, ont fourni également des spectres très simples en comparaison de ceux des étincelles et des arcs. On ne trouve par exemple dans le spectre des rayons anodiques de strontium, en plus de la ligne principale 4608, que deux paires de lignes isolées 4216, 4078; 4306, 4162, qui ont la même différence de vibration et, comme le montrèrent Runge et Precht, ont une parenté étroite avec le poids atomique du strontium. Il y a des particularités analogues

pour le calcium et le baryum ; les rayons de calcium sont violets et ceux du baryum bleus.

En plus de ces rayons, composés vraisemblablement d'ions métalliques, on obtient parfois avec des anodes de calcium et de baryum, surtout si elles sont fraîchement préparées et renferment encore une assez grande quantité d'eau, des rayons d'une teinte plus rougeâtre qui montrent au spectroscope une série de bandes rouges que l'on attribue généralement à l'oxyde. Mais il n'est pas possible de dire pour le moment si ces rayons se composent vraiment de particules d'oxyde métallique. Toujours est-il que l'on a dans les rayons anodiques un moyen de déterminer les porteurs des différentes lignes spectrales.

SUR

LES TRANSFORMATIONS SUCCESSIVES

DES

VUES SCIENTIFIQUES

SUR LA

NATURE DE L'ÉLECTRICITÉ

PAR

P. GRUNER

Professeur de physique théorique à l'Université de Berne [1]

Lorsque les sages de la Grèce antique tenaient à la main un morceau d'ambre, qu'ils avaient nommé *électron*, et suivaient d'un regard méditatif les attractions qu'après l'avoir frotté il exerçait sur des fragments légers de parchemin, leur fantaisie se donnait libre carrière pour imaginer la cause de ces phénomènes. Mais ces naïves conceptions de la nature de l'électricité ont disparu dans la poussière des temps reculés, et ce fut dans la seconde moitié du XVIe siècle que Gilbert attira pour la première fois l'attention des savants sur l'électricité de frottement, liée dans la nature à la production des orages.

[1] Nous publions, avec l'autorisation de l'auteur, un abrégé français de son exposé qui a été communiqué en novembre 1907 à Francfort, à la réunion du « Keplerbund ». Publié chez Gustav Schlœssmann, Hambourg, 26 p., 1908.

I. *La théorie des actions à distance.*

Il suffit, sans remonter bien loin, d'avoir terminé ses études universitaires il y a quelque vingt ans pour retrouver l'enseignement de cette théorie. La règne de l'action à distance dans la science a suivi les découvertes de Newton ; la notion d'une masse agissant sur une autre masse fut empruntée à la matière pour être appliquée aux deux fluides impondérables positif et négatif qui donnaient lieu aux attractions et répulsions électriques et se neutralisaient dans le fluide neutre. En 1789, Galvani découvrait les contractions des muscles des grenouilles et ne soupçonnait probablement pas que c'était l'apparition d'une force qui, cent ans plus tard, fournirait des milliers de chevaux. Puis les progrès marchèrent à pas de géant ; en 1799, Volta avait inventé la pile, Davy un peu plus tard produisait l'arc voltaïque ; en 1820 Oersted faisait dévier l'aiguille aimantée par le courant, en 1827 Ampère établissait sa théorie classique de l'électromagnétisme et, la même année, Faraday observait le courant induit.

La question de l'explication d'un si vaste domaine expérimental en le rapportant à sa cause, l'électricité, prenait donc de plus en plus d'importance et les plus éminents physiciens du XIXe siècle se sont signalés par leurs travaux théoriques pour rattacher ces phénomènes si variés à la donnée des deux fluides et de l'action à distance. On peut dire que le dernier mot a été celui de W. Weber en 1846 ; les fluides en mouvement dans le conducteur exercent l'un sur l'autre une action qui

ne dépend pas seulement du carré de leur distance, mais aussi de leur vitesse et de leur accélération.

II. *La théorie électro-magnétique de la lumière.*

Sous ce courant de pensée scientifique prédominant existait néanmoins un autre courant secret qui, le moment venu, fit irruption et prit le dessus. Faraday était un empirique, doublé d'un idéaliste doué d'une confiance inébranlable dans la portée de ses principes scientifiques. La série de ses publications de 1832 à 1855 montre ce que fut le labeur de cet homme infatigable. Jamais la notion généralement acceptée d'une action à distance ne put se loger dans sa tête et sa découverte de l'influence du diélectrique sur la charge du condensateur fut son point d'appui pour renverser cette hypothèse. Si le milieu interposé était un facteur du phénomène, l'action directe d'une couche électrique sur l'autre n'était plus l'expression de la réalité ! Et d'autre part, ses expériences catégoriques sur l'opacité d'une enveloppe métallique relativement à la force électrique lui suggéraient une interprétation paradoxale du rôle des conducteurs et des isolants. Ces derniers devenaient des substances laissant passer l'action électrique et les premiers des substances qui l'arrêtaient ; la couche infiniment mince répandue sur la surface du conducteur n'était plus que la dernière ou la première des couches analogues répandues dans tout le diélectrique, qui devenait le véritable siège du phénomène. Nous avons devant nous deux sphères conductrices chargées d'électricités contraires et nous leur rapportons le rôle prédominant mais ; tout est modifié dans

l'espace ambiant jusqu'aux limites que lui font les parois de la chambre, et une balle de sureau, où que nous la placions, dénotera la grandeur ou la direction d'une action, d'où résultera la notion théorique de lignes de force qui pour Faraday exprime une réalité physique. Elles sont pour lui une tension de l'éther analogue à celle d'une substance élastique et sont accompagnées dans le diélectrique d'une polarisation qui se traduit par des charges positives et négatives moléculaires.

S'il en est ainsi, l'éther, qui est l'agent de la propagation lumineuse, ne doit-il pas, quand il est modifié par une tension électrique, déceler une perturbation dans ses propriétés optiques? Ce fut vers la recherche de ce genre de liaison que Faraday tourna ses efforts et, en 1846, il découvrait la rotation magnétique du plan de polarisation. Ses brillantes découvertes ont pris immédiatement leur rang dans la science, mais non ses idées, qui paraissaient à peine sérieuses et elle auraient peut-être été vouées à l'oubli, si un savant doué d'une originalité puissante ne les avait formulées avec les ressources exceptionnelles de son génie mathématique. En 1855, Mavwell donnait une remarquable interprétation des lignes de force et, dix ans plus tard, il se faisait connaître au monde savant par sa grandiose théorie électromagnétique de la lumière. C'est une entreprise scientifique complexe et dans laquelle il est possible de découvrir des contradictions, mais elle reste une œuvre géniale. L'auteur établit la propagation de la force électrique dans le diélectrique avec une vitesse très grande, mais finie. Il n'est plus question d'action à distance, puisque la propagation n'est pas instantanée,

et la masse électrique n'est plus qu'une expression mathématique. Quelle est la vitesse de propagation de la force électrique? La comparaison des mesures optiques et électriques avait déjà montré cette coïncidence très frappante que, pour certains corps, l'indice de réfraction était égal à la racine carrée de la constante diélectrique et ce fut la valeur du rapport des masses en unités électrostatiques et unités magnétiques de l'électricité, qui donna pour résultat la vitesse approximative de la lumière, 300,000 km. Maxwell en conclut à la généralité de sa théorie, mais elle ne détrôna pas celle des actions à distance et resta d'abord comme une doctrine isolée.

Vingt ans s'étaient écoulés lorsqu'en 1887 Hertz publiait son travail sur les oscillations électriques très rapides. L'ancienne théorie les explique aussi; lorsqu'une bouteille de Leyde ou un inducteur donnent une puissante étincelle, une série de décharges se succèdent en sens inverses et constituent une oscillation électrique; celle-ci donne lieu dans un conducteur voisin à des décharges induites, et si ce conducteur est un cercle métallique avec une solution de continuité, on y voit jaillir une étincelle. Il n'y avait rien d'absolument nouveau dans ce premier travail de Hertz, mais il possédait dès lors un instrument de recherches qui allait lui permettre de constater si la propagation de la force électrique était instantanée. En 1887, Hertz plaçait un grand miroir métallique devant son oscillateur et cherchait comment le résonateur se comportait dans le voisinage du miroir. Le résultat fut la confirmation de la théorie de Maxwell; un système d'interférences stationnaires s'était formé, l'étincelle du réso-

nateur était maxima dans les ventres et s'éteignait dans les nœuds ; de plus, la longueur d'onde observée donnait la vitesse de propagation de la lumière. Hertz réussit ensuite à répéter avec ses ondes électriques la plupart des expériences de l'optique, la propagation rectiligne, l'ombre, la réflexion et même la réfraction, avec un prisme colossal d'asphalte ; les diélectriques étaient transparents et Hertz, avec une certaine surprise, observa que l'onde traversait les portes et les murs ; les métaux la réfléchissaient. Et aujourd'hui que l'onde hertzienne, émise avec une énergie puissante, parvient sur l'océan à quelques milliers de kilomètres, la signification de la théorie Faraday-Maxwell-Hertz devient claire même pour les profanes. Si nous résumons quelle est la notion qui en ressort pour la nature de l'électricité, disons que l'électricité consiste dans un état particulier de l'éther qui remplit l'espace, état manifesté par les forces électro-magnétiques qui en sont la conséquence. Cette onde se propage dans l'éther et le diélectrique ; la force électro-magnétique glisse, dans la propagation, à la surface des conducteurs, et les ondes lumineuses correspondent au cas d'une longueur d'onde très petite.

III. *La théorie des électrons.*

Tandis que la théorie de l'action à distance avait duré plus d'un siècle et n'avait cédé la place que lentement à la théorie électro-magnétique de la lumière, vingt ans ne se sont pas écoulés depuis la découverte de Hertz, qui a fait date, et déjà une troisième hypothèse sur la nature de l'électricité semble à peu près

victorieuse, tant est rapide le développement de la science. Fait remarquable, le nom de Faraday, qui se trouve en tête de l'une des théories, l'est aussi pour l'autre ; c'était le trio Faraday-Maxwell-Hertz, et maintenant c'est la triade Faraday-Lorentz-Zeeman. En effet, ici encore, c'est à Faraday qu'il faut remonter pour trouver le point de départ, qui est sa loi de l'électrolyse.

Ne serait-ce pas par une sorte d'ironie de la destinée que dans la même année 1896, où Marconi popularisait la pensée de Hertz, Zeeman d'une part, en découvrant l'influence du magnétisme sur le spectre, et Becquerel de l'autre, en trouvant la radioactivité, apportaient à la science les assises de la théorie nouvelle.

Lorsqu'un courant traverse de l'eau acidulée, le dégagement des deux gaz composants à l'anode et à la cathode constitue l'électrolyse. L'atome d'hydrogène apporte une charge électrique qui non seulement est constante avec l'atome, mais l'est aussi pour tous les atomes possèdant la même valence. Ainsi elle est la même pour un atome d'hydrogène, de potasse, de soude, et elle est double pour un atome de chaux de baryum qui a une valence double, triple pour un atome de fer. Helmholtz a signalé en 1881 les conséquences considérables de cette loi électrolytique de Faraday, qu'il résume par l'expression de valence-atomique. Mais si cette valence atomique est une constante, ne doit-on pas lui supposer une existence réelle et ne partage-t-elle pas avec la matière la propriété d'être indestructible ? C'est elle qui est l'élément indivisible de l'électricité, l'entité électrique, et c'est d'elle qu'émane

la force électrique et les lignes de force. Et l'on baptisait l'électricité ainsi matérialisée du nom d'*électron*.

Que nous voici loin de nos définitions d'il y a un instant. Il s'agissait d'un état de l'éther, substitué à grand peine à ces fluides impondérables dont on voulait se débarrasser, et voici que l'électricité consiste en particules très petites, mais matérielles, en électrons.

Et comment douter de l'existence de l'électron, quand on a réussi à mesurer non seulement sa charge électrique, qui est 3.10^{-10} en unités électrostatiques, mais sa masse qui, pour l'électron négatif, est environ 2000 fois plus petite que celle de l'atome d'hydrogène. C'est tout un ordre nouveau de phénomènes qui a permis d'obtenir ces résultats surprenants. En 1876, William Crookes fit connaître ses expériences sur la matière raréfiée dans les tubes traversés par la décharge électrique. Des phénomènes inattendus, la fluorescence, la formation des ombres des écrans, la chaleur, tout le faisait conclure à la projection par la cathode de particules minuscules douées de forces gigantesques. On se contenta de sourire à sa naïveté et, à vingt ans de là, la stupéfiante apparition des rayons Rœntgen, le radium de Curie, les émissions de l'uranium viennent lui donner raison. Les rayons cathodiques étaient bien une émission de particules chargées, qui ne sont autre chose que les électrons négatifs de l'électrolyse, projetés avec une vitesse qu'on a peine à concevoir, comme le montrèrent les actions du magnétisme sur leur trajectoire. Trois noms se rattachent pour nous à la théorie des électrons dans ce domaine du rayonnement et de la radioactivité : Curie, Rutherford, Ramsay.

Il faut à une thérie nouvelle un pionnier qui fasse son chemin sans trop se soucier de l'opinion de ses contemporains. A.-H. Lorentz, à Leyde, déjà à l'époque où la théorie de Maxwell gagnait péniblement des adhérents, vers l'année 1870, suivait ses propres vues sur la nature de l'électricité, leur donnait un développement de plus en plus complet et, de 1892 à 1895, les exposait sous une forme mathématique excellente. La théorie de Lorentz ne contredit pas celle de Maxwell ; elle en est plutôt comme une transformation. Le système des équations Maxwell-Hertz est admis tel quel, comme régissant la propagation des forces électromagnétiques dans l'éther, mais l'hypothèse consiste dans l'existence de centres électriques, les électrons, qui peuvent, soit par leur combinaison former des atomes neutres, soit, par leurs mouvements à l'état de liberté. produire les effets électromagnétiques.

Faraday avait cherché sans succès l'influence d'un aimant sur le spectre lumineux. En 1896, Zeeman reprit l'expérience avec les ressources actuelles de la science. Une flamme de sodium fut placée entre les pôles d'un électroaimant non aimanté, et sa lumière jaune produisait dans le spectroscope deux raies voisines fixes et lumineuses. Au moment où le courant passe, l'image spectrale se modifie, les deux raies se subdivisent en deux ou trois raies, suivant la direction donnée à la perturbation. Aucune des théories antérieures ne pouvait donner la clé de cette transformation, qui était au contraire une conséquence nécessaire de la théorie de Lorentz. Les mesures effectuées donnèrent pour la charge et la masse de l'électron négatif des valeurs approximativement les mêmes que celles

obtenues au moyen des rayons cathodiques. L'intérêt scientifique se porta alors vivement sur la théorie des électrons, et les physiciens qui cherchèrent à la développer montrèrent comment elle donnait lieu à des applications diverses. On pouvait maintenant se faire une idée du processus du courant dans un conducteur par les électrons lancés entre les molécules avec la rapidité de l'éclair ; il en résultait des rapprochements entre le pouvoir conducteur électrique et thermique, entre les actions magnétiques et la conductibilité, entre l'électricité de contact et le principe thermoélectrique qui permirent des vérifications expérimentales.

La production du magnétisme moléculaire d'Ampère par la rotation des électrons autour de la molécule neutre était aussi une conséquence intéressante de la théorie. En optique, on était conduit à traiter les phénomènes lumineux comme dus aux oscillations des électrons, et en particuliers à l'explication de l'effet Zeemann.

Sans essayer de rappeler ici toutes les applications de la nouvelle théorie, nous avons à signaler un fait qui a son importance. Partout où les phénomènes sont ramenés à l'existence des électrons, ce sont toujours des électrons négatifs dont il s'agit, et toutes les fois que des électrons positifs sont en jeu, il reste incertain s'ils sont à l'état d'électrons ou s'ils ne sont pas inséparables de l'atome matériel lui-même, Nous sommes loin encore d'avoir l'explication complète de cette difficulté, mais il y a là un rapprochement à faire avec l'ancienne théorie d'un seul fluide.

Pour résumer, disons que l'électricité consiste dans l'existence de masses électriques infiniment minus-

cules, les électrons. Les électrons négatifs seuls dont la masse est environ 2000 fois plus petite que celle de l'atome d'hydrogène, existent indépendamment d'une manière certaine ; les actions électromagnétiques émanent des électrons et se propagent avec la vitesse de la lumière ; une modification de l'état électrique et magnétique d'un corps n'est possible que par le mouvement des électrons ; le mouvement libre des électrons dans les conducteurs produit le courant, leur rotation donne lieu au magnétisme ; l'oscillation des électrons est la cause de l'onde électrique et lumineuse ; lorsque l'électron se trouve lancé hors d'un corps, il se meut avec une vitesse énorme et constitue des rayons d'une nature spéciale.

IV. *Conclusions.*

En constatant, comme nous pouvons le faire, maintenant que nous voici parvenus à l'état actuel de la science, que sur bien des points notre manière de voir est revenue en arrière, nous nous demandons, non sans une secrète inquiétude, ce que l'avenir nous apportera.

Sur deux points seulement, indiquons une réponse à cette question embarrassante. Dans la théorie de Lorentz, l'éther est en repos absolu et les atomes et les électrons s'y meuvent librement. Comme d'autre part, tout mouvement de l'électron développe un champ électromagnétique, il n'est pas douteux que le mouvement de la terre et celui du soleil doivent donner lieu à des perturbations électromagnétiques sur la terre. Lorentz a suivi logiquement les conséquences de ses

principes et montre que c'est seulement dans des cas très spéciaux qu'elles peuvent être constatées. L'expérience a été faite avec toute la précision désirable et le résultat s'est trouvé négatif. Que faut-il en conclure? Serait-ce que dans son mouvement, l'électron subit une réaction et se contracte [1] ? Serait-ce qu'il ne peut être question de quantités absolues et que toutes nos notions sont relatives [2] ? Sans espérer une solution prochaine, nous estimons que de futures recherches indiqueront la voie et tendront vers une solution de ces problèmes qui semblent rapprocher la physique de la métaphysique.

La masse de l'électron est aussi une question en litige. En effet, sa masse dépend de sa vitesse, ce qui semble paradoxal, puisque la masse paraît être le type d'un élément invariable. Mais la théorie, spécialement sous la forme que lui a donnée M. Abraham, parvient forcément à ce résultat : cette masse se résoud tout entière en énergie. Cette masse serait donc fictive, l'électron immatériel et ne consisterait qu'en un centre rattaché par une liaison indestructible au champ électromagnétique. Il en résulte évidemment que cette masse n'est pas constante et varie avec la vitesse de l'électron. Nous nous sommes donc fait une illusion lorsque nous pensions saisir la réalité de l'électron ; ce n'est plus qu'un centre de force. Nous expliquions l'électricité et maintenant nous l'expliquons par l'électricité elle-même. On voit la portée de ces considéra-

[1] L'hypothèse de Lorentz sur la contraction des corps due au mouvement.

[2] Le principe de relativité de Lorentz et d'Einstein.

tions. Si la masse de l'électron n'est qu'une action électromagnétique et si, d'autre part, l'atome est formé d'électrons, la matière, l'univers entier devient un monde immatériel soumis au jeu complexe des actions et réactions électriques, et l'électricité serait la seule réalité.

Et si, en acceptant cette hypothèse, nous essayons encore de nous demander : qu'est-ce que l'électricité ? nous avons le sentiment que nous touchons à la question de l'existence des choses et que nous arrivons aux confins de nos facultés de recherche.

LES
PHÉNOMÈNES DE BOSE
ET
LES LOIS DE L'ÉLECTRISATION DE CONTACT

PAR

Edouard GUILLAUME

M. J.-C. Bose, professeur à Calcutta, fit paraître divers travaux où il expose, sous un nouvel aspect, des propriétés intéressantes de la matière[1]. Parmi ces propriétés, il en est une, particulièrement curieuse, que voici :

Un fil métallique quelconque, tordu brusquement au sein d'un électrolyte qui ne l'attaque pas, manifeste un phénomène électrique momentané pouvant être mis en évidence par un galvanomètre balistique. Si l'on tord le fil plusieurs fois de suite, l'intensité du phénomène diminue ; en laissant le fil « se reposer » un certain temps, les décharges électriques apparaissent de nouveau à la torsion ; c'est ce phénomène que M. Bose nomme « la fatigue » de la matière. Enfin, l'addition

[1] Voir en particulier l'ouvrage intitulé *Response in the Living and non Living*, Calcutta, 1902.

de divers liquides à l'électrolyte dans lequel baigne le fil, peut altérer et modifier considérablement ce phénomène électrique.

Dans le présent travail, je me propose :

1° de répéter les expériences de M. Bose ;

2° de déterminer la nature du phénomène électrique mis en jeu lors de la torsion du fil métallique dans un électrolyte ;

3° d'étudier cette curieuse apparence que M. Bose nomme « la fatigue » du fil ;

4° de rechercher si ces phénomènes sont vraiment nouveaux, ou s'ils se laissent expliquer par quelque propriété déjà connue.

Ce travail expérimental a été fait dans les laboratoires de M. P. Weiss à l'Ecole polytechnique de Zurich. Qu'il me soit permis de témoigner ici toute ma gratitude à M. P. Weiss dont les conseils m'ont été si précieux lors de ces recherches.

§ 1. *Appareil employé et remarques préliminaires.*

1. Nous avons repris les expériences de M. Bose avec l'appareil qu'il décrit pour tordre les fils métalliques.

Un fil de zinc de 1 mm. de diamètre et de 28 cm. de longueur est fixé, aux deux extrémités, dans des axes en laiton HH (fig. 1) portant chacun à angle droit une aiguille *c*. Cette aiguille peut se mouvoir devant un cadran divisé D formé par un disque de laiton de 15 cm. de diamètre. Le milieu du fil est serré fortement par une vis C. De part et d'autre de C, on fixe solidement en A et B deux mèches qui trempent chacune dans un

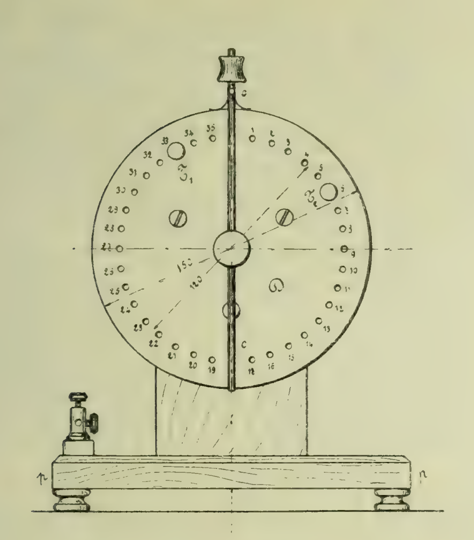


fig. 1.

godet E contenant l'électrolyte, ici solution de sulfate de zinc ; enfin on relie ces godets aux bornes d'un galvanomètre balistique par l'intermédiaire d'un fil de zinc. Tout le système est porté par une planchette *pp*. On tord le fil en imprimant avec la main un mouvement brusque à l'une des aiguilles *c*, dont la course est limitée par de petits butoirs T_1 et T_2, que l'on peut fixer à volonté sur les cadrans D. De la sorte, seule l'une des moitiés du fil, BC par exemple, est soumise à la torsion, tandis que l'autre, CA, reste inaltérée.

2. On peut tordre le fil de plusieurs manières différentes. Nous emploierons en particulier les deux suivantes :

α) On tord le fil en partant d'une position initiale de l'aiguille et allant à une position finale où le fil reste tordu et, par conséquent, en équilibre contraint : c'est la première opération; la seconde consiste à revenir de la position contrainte à la position initiale. Au moment de chaque opération, on fera la lecture au galvanomètre.

β) On tord le fil en partant d'une position initiale de l'aiguille, allant à une position finale et revenant aussitôt à la position initiale : on imprime ainsi à l'aiguille un mouvement de va-et-vient rapide. On fera la lecture au galvanomètre au moment de cette double torsion.

3. On verra que les deux manières de tordre le fil décrites ci-dessus ne donnent pas des résultats essentiellement différents; dans les deux cas, le galvanomètre revient au zéro et n'indique aucun courant continu; au reste, ceci n'est point pour nous étonner, puisque le circuit considéré comprend les deux élé-

ments $Zn—ZnSO_4+aq—Zn$, qui ne peuvent donner une force électromotrice continue. On sait cependant que M. W. Spring a pu constater une différence de potentiel entre deux électrodes de même métal plongées dans un électrolyte neutre, lorsque la surface de l'une des électrodes est fortement altérée par rapport à l'autre. Par exemple deux tiges d'étain, dont l'une était râclée et brunie, l'autre soumise à l'action de l'acide chlorhydrique jusqu'à l'apparition de figures de corrosion, donnaient dans une solution de chlorure stanneux ($SnCl_2$) une différence de potentiel constante d'environ 0,00015 volt, l'étain bruni se dissolvait. Ici le fil métallique tordu se trouve, par l'intermédiaire de la mèche, en contact avec un électrolyte : le métal aura donc dans cet électrolyte une certaine pression osmotique de dissolution, pour se servir de cette expression commode introduite par Nernst. On peut se demander si cette pression de dissolution est modifiée par la torsion du fil. C'est là une première hypothèse qui se présente à l'esprit. Il s'agirait en définitive d'une variation brusque de force électromotrice, c'est-à-dire d'une force électromotrice instantanée. Mais, comme nous le verrons, le galvanomètre dévié momentanément par la torsion brusque du fil revient aussitôt au zéro ; le courant ainsi produit ne persiste donc pas après la déformation du fil, même si celui-ci reste en équilibre contraint, ce qui nous éloigne déjà de la différence de potentiel constante observée par M. W. Spring avec deux électrodes de même métal plongées dans un électrolyte neutre. Nous verrons cependant que l'intensité du phénomène de Bose est loin d'être négligeable.

4. Quoi qu'il en soit, ce qu'il faut éclaircir, c'est la nature du phénomène électrique mis en jeu lors de la torsion. S'agit-il d'une quantité fixe d'électricité qui à chaque torsion serait rendue libre, ou bien la torsion du fil produit-elle une force électromotrice instantanée comparable à une force électromotrice d'induction? Nous résoudrons bientôt cette question.

5. Il y a déjà longtemps que l'on avait remarqué que l'agitation ou la déformation d'une électrode au sein d'un électrolyte pouvait amener des variations momentanées de courant. Citons en passant les recherches de E. du Bois-Reymond[1] et celles de Ed. Becquerel[2]. Ces deux auteurs donnèrent une foule de résultats particuliers. Aucune règle ne s'en dégage.

§ 2. *Premiers essais et premiers résultats.*

1. J'ai essayé plusieurs échantillons de fils de cuivre et de zinc. Le fil était soumis à un décapage soigné : polissage au tripoli ; dégraissage dans une solution de potasse bouillante et immersion dans de l'eau acidulée par un mélange d'acide azotique et d'acide sulfurique ; ensuite lavage à l'eau distillée. J'employai de la mèche tressée de lampe à alcool. La mèche était lavée, puis attachée solidement au fil, dont elle recouvrait environ 3 cm.; les extrémités libres trempaient dans deux petits godets qui contenaient l'électrolyte en solution saturée, sulfate de cuivre ou de zinc, suivant le fil. L'appareil offrait alors une résistance de 5400 ohms environ, prise aux bornes B_1 et B_2 (fig. 1).

[1] *Monatsber. d. Berl. Akad.*, 1854, p. 297.
[2] *Ann. de Ch. et de Phys.* [3], 44, p. 401, 1855.

Le galvanomètre employé était du type Deprez-d'Arsonval ; sa résistance intérieure atteignait 700 ohms. Les déviations sont lues sur une échelle divisée placée à 1,50 m. du miroir. J'observais directement le spot, se composant d'un fil sombre sur un disque lumineux.

Le fil était tordu de la façon α. Que l'on torde le fil à droite ou à gauche de sa position d'équilibre non contraint, l'impulsion du galvanomètre est toujours de même sens. Le courant instantané passe de la partie non excitée à la partie excitée, c'est-à-dire, le fil semble se dissoudre un peu plus au moment de la torsion. Si pour un même angle je répète plusieurs fois de suite l'opération, l'impulsion du galvanomètre diminue à chaque torsion et tend vers zéro quand le nombre des mouvements de va-et-vient effectués devient de plus en plus considérable ; en laissant le fil quelques instants en repos, il redonne une impulsion appréciable.

J'ai pu ainsi constater qu'en faisant l'opération à période déterminée, toutes les 15 secondes par exemple, au bout d'un instant on obtient une espèce de régime permanent qui permet de faire des mesures approchées.

En premier lieu, j'ai cherché à déterminer la fonction qui relie l'arc d'impulsion du galvanomètre obtenu en régime permanent, avec le temps de repos entre deux observations consécutives. Je faisais environ 20 lectures et je prenais la moyenne des dix dernières, la concordance de celles-ci étant en général satisfaisante ; cependant les divergences pouvaient atteindre 20 °/₀.
Voici d'ailleurs quelques résultats :

Angle de torsion	Torsion toutes les	Déviations moyennes sur l'échelle	Rapport
30° pris à droite	10 secondes	8 divisions	8/10 =0,80
de la position	15 »	15 »	15/15 =1,00
d'équilibre	20 »	19,5 »	19,5/20=0,97
non	25 »	22,4 »	22,4/25=0,92
contraint.	30 »	30,2 »	30,2/20=1,00
50° pris à gauche	10 secondes	15 divisions	15/10 =1,50
de la position	15 »	21,4 »	21,4/15=1,43
d'équilibre	20 »	28,0 »	28/20 =1,40
non	25 »	35,0 »	35/25 =1,40
contraint.	30 »	43,0 »	43/30 =1,43

On voit donc que, pour de petits intervalles de temps inférieurs à 30 secondes, la fonction cherchée est à peu près linéaire. Au-dessus de 30 secondes, les observations devenaient si incertaines que je n'ai pu conclure. Par exemple, en laissant le fil au repos pendant l'intervalle d'une nuit, j'ai pu obtenir des déviations dépassant 300 divisions pour un angle de 30°; mais il suffisait de tordre le fil deux ou trois fois pour obtenir une déviation n'offrant plus qu'une trentaine de divisions, soit environ 10 fois plus faible.

On voit que tout se passe comme si le fil éprouvait une fatigue par la torsion. Nous avons donc provisoirement ce premier résultat :

Pour un même angle et pour des opérations faites périodiquement, la période étant inférieure à 30 secondes, l'arc d'impulsion du galvanomètre est à peu près proportionnel à cette période.

2. En second lieu, j'ai cherché à étudier la fonction suivant laquelle l'impulsion du galvanomètre est liée à

l'angle de torsion. J'ai fait cette détermination pour des angles variant de dix en dix degrés de 0° à 90° dans les deux sens, à partir de la position où le fil ne subit aucune déformation permanente. J'opérais comme précédemment en faisant une vingtaine de lectures, chaque lecture toutes les 15 secondes et en prenant la moyenne des dix dernières. Voici quelques résultats :

Impulsions observées au galv. avec une résistance R additionnelle et rapport des impulsions à l'angle de torsion.

Angle de torsion	R = 0	Rapport	R 1000 ω	Rapport	R = 1500 ω	Rapport
10°	3,5	0,35	3,0	0,30	3,0	0,30
20°	8,5	0,42	7,2	0,36	4,8	0,24
30°	15,0	0,50	8,1	0,27	7,8	0,26
40°	19,7	0,49	11,6	0,29	9,1	0,23
50°	26,8	0,53	13,2	0,26	10,4	0,20
60°	27,9	0,46	15,6	0,26	12,0	0,20
70°	32,6	0,46	19,6	0,28	13,3	0,19
80°	39,2	0,49	19,8	0,24	15,1	0,19
90°	43,6	0,48	23,4	0,26	17,9	0,19

On voit que la fonction cherchée est de nouveau une proportionnalité approchée. On remarquera en outre que l'introduction de la résistance R dans le circuit diminue sensiblement les déviations du galvanomètre.

Nous énoncerons donc encore provisoirement le second résultat :

Les arcs d'impulsion du galvanomètre sont, pour des opérations faites à des intervalles de temps égaux, à peu près proportionnels aux angles de torsion, pourvu que ceux-ci soient inférieurs à 90°.

Pour des angles supérieurs à 90°, la proportionna-

lité est encore plus mal satisfaite et la déviation du galvanomètre semble tendre vers une limite lorsque l'angle de torsion augmente.

3. Enfin, avant d'aller plus loin, il reste un troisième point à éclaircir, touchant la nature du phénomène électrique mis en jeu. A cet effet, j'ai intercalé en série dans le circuit une petite bobine d'induction et j'ai *comparé les impulsions du galvanomètre dues à la torsion du fil, à celles que donne la petite bobine excitée par un aimant, lorsqu'on fait varier dans une large mesure la résistance totale du circuit*; il est alors bien évident que si la torsion brusque du fil produit une force électromotrice instantanée comparable à une force électromotrice d'induction, le rapport des arcs d'impulsion dans les deux cas sera constant, quelle que soit la résistance intercalée.

L'aimant, de forme cylindrique, était introduit brusquement dans la petite bobine; j'avais fait un repère sur l'aimant et j'avais disposé un petit butoir à la sortie de la bobine, contre lequel venait s'arrêter le barreau aimanté : je pouvais ainsi délimiter exactement la course de l'aimant. Puis j'ai étalonné la petite bobine ainsi excitée en la comparant à une induction mutuelle. A cet effet, j'ai employé un grand solénoïde de 74,3 cm. de longueur et 8,01 cm. de diamètre, dans lequel passait un courant constant de 4,00 ampères. La variation ΔH du champ inducteur était produite au moyen d'un commutateur; la valeur de cette variation était :

$$\Delta H = 2 \frac{4\pi Ni}{10} = 102,55 \text{ c. g. s.}$$

où $N = 10,2$ est le nombre de spires par centimètre,

ceci en négligeant l'action des extrémités ; en effet, ce champ est, au milieu du solénoïde,

$$2\,\frac{\pi\,(4{,}00)^2.\ \mathrm{Ni}}{10\,(37{,}15)^2} = 0{,}59$$

environ, ce qu'on peut négliger.

Une bobine de $n = 80$ spires était traversée par le solénoïde ; il produisait dans celle-là une variation ΔF du flux de force correspondant à la variation ΔH du champ. On a donc, si s est la section du solénoïde :

$$\Delta F = \Delta H.\ s.\ n. = 4121{,}8 \text{ microvolts-secondes}$$

Soit $\Delta F'$ le flux de force produit par la petite bobine que je cherche à étalonner, lorsqu'on introduit brusquement le barreau aimanté, et soit α' la déviation correspondante du galvanomètre balistique ; si α est la déviation correspondant à ΔF, on a :

$$\Delta F' = \frac{\alpha'}{\alpha}\,\Delta F = \frac{234}{156}\,4121{,}8 = 6182{,}9 \text{ microvolts-sec.}$$

Telle est la valeur du flux que me donnait la petite bobine à laquelle j'ai comparé le phénomène électrique dû à la torsion brusque du fil métallique.

Le tableau ci-dessous résume quelques résultats ; β_D et β_G représentent les impulsions du galvanomètre dues à la torsion brusque : β_D pour un angle de 40° pris à droite, β_G pour le même angle pris à gauche de la position initiale où le fil reste en équilibre non contraint ; α' représente, comme précédemment, l'impulsion due au phénomène d'induction.

Résistance additionnelle	Résistance totale du circuit	β_D	β_G	α'	$\frac{\beta_D}{\alpha'}$	$\frac{\beta_G}{\alpha'}$
ω 100	ω 6254	27,2	26,4	57,0	0,477	0,464
300	6454	25,4	25,6	56,0	0,454	0,457
600	6754	24,6	24,0	54,0	0,450	0,439
1000	7154	22,8	22,6	52,4	4.456	0,432
5000	11154	19,4	17,2	40,0	0,455	0,430
10000	16154	16,6	14,2	30,6	0,542	0,464
20000	26154	12,8	11,3	20,0	0,640	0,565
50000	56154	5,6	5,6	10,4	0,538	0,538
100000	106154	4,7	4,0	6,0	0,783	0,667
500000	506154	0,1 (?)	0,1 (?)	2,0 (?)	?	?

On voit, d'après les chiffres des deux dernières colonnes, que le rapport des impulsions par torsion aux impulsions par induction est à peu près constant; le phénomène observé est donc comparable jusqu'ici à une force électromotrice instantanée ; ces chiffres nous montrent en outre que le phénomène est à peu près symétrique à droite et à gauche de la position où le fil ne subit aucune déformation permanente. On peut chercher quelle est la variation $\Delta\Phi$ de flux équivalente à cette force électromotrice instantanée ; on a en effet :

$$\Delta\Phi = \frac{\beta}{\alpha'} \Delta F'$$

J'ai appliqué cette formule aux quatre premières valeurs trouvées pour β et α', afin d'avoir une erreur relative peu considérable. Celle-ci évaluée doit être inférieure à 5 %.

$\Delta\Phi_D$	$\Delta\Phi_G$
2949	2869
2807	2826
2782	2714
2819	2671
2874 microvolts-sec.	2770 microvolts-sec.

Ces moyennes diffèrent entre elles de moins de 4 %, ce qui est satisfaisant, vu que le phénomène est assez capricieux.

Nous pouvons donc, avant de poursuivre ces recherches, énoncer encore provisoirement ce troisième résultat :

Par la torsion brusque du fil, on développe, dans le phénomène de Bose, une force électromotrice instantanée.

§ 3. *Critiques. — Modification de l'appareil employé.*

3. Nous savons maintenant à peu près en quoi consiste le phénomène de Bose. Mais les expériences décrites précédemment ne vont pas sans difficultés et il est bon nombre de points qui laissent fortement à désirer. Voici les plus frappants :

a) Lorsque l'appareil est fraîchement monté, la torsion du fil ne donne *aucun* phénomène électrique ; il est nécessaire d'attendre quelques heures pour avoir des déviations appréciables. On arrive à ce résultat paradoxal que le fil, bien décapé et n'ayant encore subi aucune altération mécanique, est « fatigué » pour le phénomène de Bose. Après un jour de repos, la première déviation est considérable, tandis que les suivantes décroissent très rapidement ; la seconde se ré-

duit déjà au dixième ou au vingtième de la déviation primitive.

b) Les métaux inaltérables à l'air, comme l'argent et le platine, ne donnent aucun phénomène observable.

c) Un fil de zinc ou de cuivre, qui donne une bonne réponse électrique, est devenu grisâtre sur la partie recouverte par la mèche ; il y a formation d'une *couche* gris-noirâtre due probablement à une oxydation plus ou moins grande de la surface métallique rendue humide par la mèche. En particulier, cette couche est très épaisse pour le zinc, de telle sorte que l'on ne peut détacher la mèche du fil sans risquer de le briser. Ceci est probablement la cause de ce que,

d) Lorsque le fil a servi très longtemps, les réponses électriques deviennent incertaines ; l'on peut voir alors l'impulsion du galvanomètre partir dans un sens et revenir en arrière, dépasser le zéro et repartir en sens contraire. Quelquefois aussi, la déviation normale est nulle, et seule la déviation de sens contraire s'effectue. Ces particularités ont déjà été signalées par M. Bose.

e) On se souvient que les diverses valeurs de la réponse électrique pour un même angle de torsion du fil excité à période fixe, toutes les 15 secondes par exemple, offraient des divergences atteignant 20 $^0/_0$. Il y a là une incertitude considérable qui indique que le phénomène de Bose est complexe.

f) Le système de mèche laisse de son côté beaucoup à désirer. Au contact de l'air, la mèche favorise une évaporation rapide, et les cristaux se déposent bientôt le long du fil. Puis le circuit formé par l'intermédiaire des mèches acquiert une résistance considérable, 5000 ohms.

g) Enfin, remarquons que le système de mèches est absolument inutile, car on tord le fil d'un côté seulement, et comme le fil est fixé en son milieu, une seule moitié de l'appareil est efficace lors d'une même série d'observations.

2. Ces diverses remarques m'ont amené à changer complètement l'appareil de torsion. J'ai repris, en le modifiant, l'appareil en « forme de cellule » indiqué par M. Bose (fig. 2).

Le fil étudié est soudé à deux tiges de laiton *a* et *b*, dont l'une, *b*, est introduite dans un bouchon de caoutchouc ; ce bouchon ferme une bouteille dont le fond est remplacé par une plaque d'ébonite *dd* formant cadran divisé ; sur ce cadran peut se mouvoir une aiguille *cc* dont l'axe de rotation coïncide avec la tige de laiton *a* de l'autre extrémité du fil. La bouteille est suspendue le goulot en bas, et remplie de la solution voulue. Le fil est recouvert, jusqu'à une certaine profondeur dans le liquide, avec de la glu marine ou de la paraffine, afin qu'il n'y ait point de partie métallique à la surface libre du liquide. Le fil, de un millimètre de diamètre, baigne entièrement sur une longueur de 5 cm., tandis que la hauteur du liquide dans la bouteille atteint 10 cm. La seconde électrode *e* est simplement formée par un fil de même métal, isolé aussi en partie avec de la glu marine ou de la paraffine et baignant

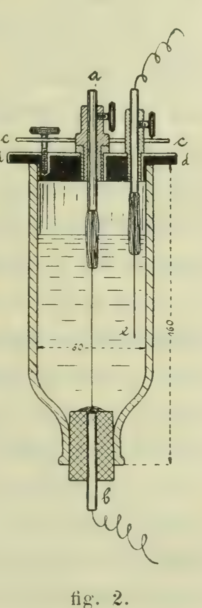


fig. 2.

sur une longueur de 3 à 4 cm. Enfin le circuit est fermé sur un galvanomètre balistique, genre Thomson, placé à 5 mm. de l'échelle transparente. Le spot se compose d'un fil noir sur un fond lumineux, produit par une lampe Nernst. Balistiquement je pouvais, avec ce galvanomètre, déceler 10^{-9} coulombs, ce qui correspondait à une déviation de 1 mm. sur l'échelle. Enfin, la la résistance de l'appareil de torsion varie de 200 à 300 ohms.

3. J'ai repris d'abord dans ces conditions les expériences primitives avec des fils de zinc et de cuivre. Les résultats obtenus n'ont pas été meilleurs. J'ai pu constater les mêmes anomalies citées dans ce paragraphe au nº 1, *a)* et *b)*. En particulier, l'appareil fraîchement monté ne donne aucune réponse électrique appréciable et la formation d'une couche grisâtre sur le métal paraît nécessaire pour obtenir une déviation sensible du galvanomètre lors de la torsion. Enfin des métaux inaltérables comme l'argent et le platine, ne donnent jamais de phénomène sensible lorsqu'ils sont parfaitement *polis*.

4. Ces quelques remarques m'amenèrent à penser que la formation d'une *couche non métallique* sur le fil était une condition du phénomène de Bose, tandis que la pression électrolytique de dissolution ne jouait qu'un rôle secondaire.

Pour m'en convaincre, je fis l'expérience suivante : Ayant essayé sans succès de tordre un *fil d'argent* dans une solution de nitrate d'argent ou dans l'eau acidulée par un acide (HCl, H_2SO_4, HNO_3), je pris comme électrolyte une solution de *cyanure de potassium*. On sait en effet que l'argent offre une pression osmotique très

élevée dans cet électrolyte, pression qui peut même dépasser celle du zinc en contact avec l'un de ses sels. L'argent se dissout dans une solution de cyanure de potassium pour former du cyanure d'argent, de telle sorte qu'il n'y a jamais dépôt sur le métal.

Un fil d'argent poli et parfaitement décapé fut tordu dans un bain de cyanure de potassium. Je fus alors assez surpris d'observer une déviation très notable du galvanomètre au moment de la torsion. Examinant le fil, je constatai la formation d'une couche brunâtre sur sa surface ; je reconnus sans peine que cette couche provenait de la glu marine, qui se dissolvait et coulait le long du fil. Je remplaçai alors la glu marine par la paraffine. Dans ces conditions, la torsion du fil d'argent n'amena *aucune* variation de force électromotrice dans la solution de cyanure de potassium.

§ 4. *Formation artificielle d'une mince couche non métallique sur un métal.*

1. Il existe en Physique une catégorie de phénomènes où l'on fait appel à l'action de minces couches poreuses — c'est-à-dire permettant l'accès de l'électrolyte auprès du métal — non métalliques déposées sur un métal : ce sont les phénomènes photoélectriques.

E. Becquerel a particulièrement étudié les actinomètres électrochimiques. Dans son ouvrage, *La Lumière*, paru en 1868, il donne en détail les divers modes de préparation d'une couche sensible sur la surface d'une plaque d'argent.

J'ai repris ces procédés pour former sur un fil d'argent une couche sensible très mince des divers sels

haloïdes de ce métal. Je formai d'abord une couche de chlorure d'argent en électrolysant de l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique dans les proportions de 1 à 8. Le courant, d'environ 0,005 ampère, provenait d'un accumulateur. J'ai préparé des couches de différentes épaisseurs, en laissant agir le courant pendant des temps variant de quelques secondes à plusieurs minutes. Lorsque la couche est terminée, on la lave à l'eau distillée, puis on monte l'appareil en prenant comme liquide conducteur de l'eau acidulée par l'acide sulfurique au dixième, selon le conseil de Becquerel. L'autre électrode *e* est formée par un fil d'argent préparé de la même manière, de façon à éviter des courants constants trop considérables, dus à la différence de nature des électrodes. Du reste, deux points du circuit étaient en communication avec la résistance d'un appareil de compensation alimenté par un accumulateur : de la sorte, on peut annuler la force électromotrice constante qui se produit presque toujours aussitôt après le montage ; Becquerel se contentait de mettre les électrodes en court-circuit avant de commencer les observations : après une attente de quelques heures, quelquefois d'un jour, le courant constant était devenu assez faible pour permettre de commencer les observations.

La bouteille, représentée en coupe sur la figure 2, était peinte en noir, afin d'empêcher l'action de la lumière ; j'avais ménagé une fente de deux centimètres de largeur sur huit de longueur, qui permettait l'accès des rayons lumineux provenant d'une forte lampe à arc. On pouvait donc comparer le phénomène de torsion au phénomène photoélectrique.

En soumettant un fil ainsi préparé à des torsions consécutives, j'observai :

1° *Que les impulsions du galvanomètre étaient très fortes.*

2° *Que celles-ci décroissaient peu à peu, suivant une fonction plus ou moins compliquée du nombre de torsions.*

3° *Qu'en laissant l'appareil « se reposer », on ne pouvait jamais obtenir les impulsions primitives.*

4° *Que le temps ne jouait plus aucun rôle dans la fonction qui lie une impulsion à l'impulsion précédente, au sens indiqué* § 2, 1.

En résumé, nous avons acquis un moyen d'obtenir des déviations très grandes du galvanomètre en tordant un fil métallique, mais *en évitant* « la fatigue » du fil ; celui-ci conserve une certaine « usure » qu'un temps de repos ne répare pas. Voici, à titre d'exemple, le tableau résumé d'une série de 501 observations correspondant à 501 torsions du fil d'argent :

Fil d'argent recouvert de chlorure d'argent.
Angle de torsion : 45°. — Solution : H_2SO_4 10 %

Ordre de l'opération	Déviation sur l'échelle	Ordre de l'opération	Déviation sur l'échelle	Ordre de l'opération	Déviation sur l'échelle
1re torsion	+ 151 mm	20me torsion	+ 25 mm	51me tors.	+ 20 mm
2me »	+ 58	21me »	+ 32	......	......
3me »	+ 75	......	......	100me »	+ 15
4me »	+ 30	30me »	+ 28	101me »	+ 20
5me »	+ 50	31me »	+ 33	......	......
6me »	+ 25	......	......	300me »	+ 17
7me »	+ 46	40me »	+ 22	301me »	+ 18
8me »	+ 24	41me »	+ 29	......	......
9me »	+ 35	......	......	500me »	+ 15
10me »	+ 30	50me »	+ 20	501me »	+ 15

Dans ce tableau, le signe + indique que le courant va du fil tordu vers l'électrolyte. On remarquera d'abord que la première impulsion est presque trois fois plus forte que la seconde, tandis que les autres se suivent de plus près en diminuant lentement ; en second lieu, les impulsions d'ordre impair, c'est-à-dire celles où l'on tord le fil en partant de la position d'équilibre non contraint, sont, en général, plus fortes que les impulsions d'ordre pair.

En tordant le fil de la façon β (voir § 1, 2), la suite des valeurs obtenues pour l'impulsion du galvanomètre ne diffère pas essentiellement de celle indiquée dans le tableau ci-dessus, sauf que les valeurs de l'impulsion sont beaucoup plus faibles et que les irrégularités sont très accentuées.

L'épaisseur de la couche ne paraît pas avoir une influence très grande ; il faut cependant que celle-là soit bien visible, l'épaisseur étant de l'ordre de grandeur du centième de millimètre.

2. Un autre procédé pour obtenir une couche sensible très mince sur une lame d'*argent*, consiste à exposer celle-ci à l'action de la *vapeur d'iode* pendant quelques minutes : on voit bientôt apparaître une teinte violacée d'*iodure d'argent*. Suivant toujours les procédés indiqués par E. Becquerel, j'employai comme bain de l'eau acidulée par l'acide sulfurique à deux pour cent. J'ai constaté ainsi des phénomènes analogues à ceux que je viens de décrire lorsque le fil est recouvert d'une couche de chlorure d'argent, cependant encore plus énergiques. Voici d'ailleurs quelques résultats :

Fil d'argent recouvert d'iodure d'argent.

Angle de torsion : 45°. — Solution : H_2SO_4 10 %

Ordre de l'opération	Déviation sur l'échelle	Ordre de l'opération	Déviation sur l'échelle	Ordre de l'opération	Déviation sur l'échelle
1re torsion	+ 321 mm	20me torsion	+ 249 mm	51me tors.	+142 mm
2me »	+ 300	21me »	+ 257	......	......
3me »	+ 302	......	......	100me »	+ 97
4me »	+ 300	30me »	+ 208	101me »	+103
5me »	+ 304	31me »	+ 220	......	......
6me »	+ 298	......	......	300me »	+ 63
7me »	+ 300	40me »	+ 187	301me »	+ 60
8me »	+ 280	41me »	+ 200	......	......
9me »	+ 295	......	......	500me »	+ 37
10me »	+ 278	50me »	+ 143	501me »	+ 45

Donc, ici aussi, les impulsions décroissent de plus en plus lentement et les déviations d'ordre impair sont, en général, plus fortes que les déviations d'ordre pair.

3. Je pensai simplifier les conditions de l'expérience en tordant le fil d'argent iodurée dans *une solution acide d'iode*, au lieu d'une solution d'acide sulfurique. La solution acide d'iode s'obtient facilement en laissant reposer à l'air de l'acide iodhydrique qui se décompose en perdant de l'hydrogène et se colore en brun ; cette solution est riche en ions I_3. Je fus alors étonné d'observer que *les impulsions avaient changé de signe*, le phénomène restant sans cela semblable à ceux décrits au numéro précédent ; cependant, les déviations du galvanomètre étaient encore plus accentuées.

Le tableau ci-dessous résume quelques résultats.

Fil d'argent recouvert d'iodure d'argent.

Angle de torsion : 45°. — Solution : $H_2O + HI + I$

Ordre de l'opération	Déviation sur l'échelle	Ordre de l'opération	Déviation sur l'échelle	Ordre de l'opération	Déviation sur l'échelle
1re torsion	— 471 mm	20me torsion	— 270 mm	51me tors.	— 126 mm
2me »	— 370	21me »	— 268	......	......
3me »	— 395	.....	......	100me »	— 65
4me »	— 350	30me »	— 215	101me »	— 77
5me »	— 362	31me »	— 225	......	......
6me »	— 330	......	......	300me »	— 47
7me »	— 340	40me »	— 190	301me »	— 49
8me »	— 321	41me »	— 195	......	......
9me »	— 330	......	......	500me »	— 39
10me »	— 300	50me »	— 127	501me »	— 37

4. Enfin, il reste encore à voir s'il s'agit bien ici d'une force électromotrice instantanée. Nous appliquerons la méthode décrite au § 2, 3, mais en nous servant d'un appareil d'induction plus commode à manier. Celui-ci se compose (fig. 3) d'un aimant de forme rectangulaire ABCDE, de façon à avoir un circuit magnétique presque fermé. L'entrefer AE, d'un centimètre d'ouverture, permet d'introduire la bobine *bb*, dont le mouvement est conduit par des glissières. Enfin, deux butoirs *t* et *t'* limitent la course de la bobine.

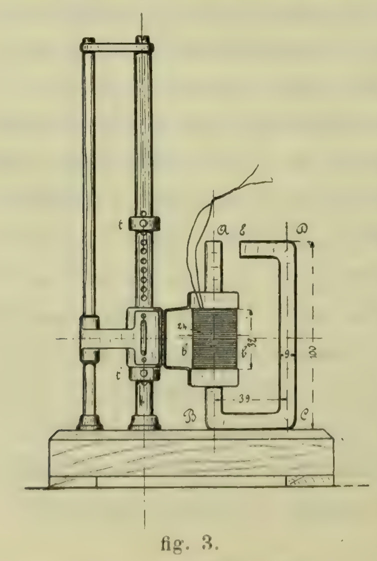


fig. 3.

Voici, à titre d'exemple, une de ces déterminations. Les expériences ont été faites avec un fil d'argent recouvert d'iodure d'argent et baignant dans une solution acide d'iode ; le fil avait déjà été tordu un très grand nombre de fois : il en était à sa 600me torsion; ainsi les divergences entre les déviations successives du galvanomètre étaient peu accentuées; les expériences ont exigé 220 torsions. Je rappelle que β_D indique l'impulsion du galvanomètre lors d'une torsion prise à droite de la position pour laquelle le fil reste en équilibre non contraint; β_G se rapporte aux torsions prises à gauche; dans les deux cas, l'angle de torsion est le même et égal environ à 45°; enfin α' est la déviation du galvanomètre due à l'appareil d'induction. Chacun des chiffres du tableau suivant indiqués dans les colonnes α', β_D et β_G représente la moyenne de 4 observations. Entre deux observations consécutives faites avec des résistances additionnelles R différentes dans le circuit, je faisais une lecture en tordant le fil après suppression de toute résistance additionnelle — c'est-à-dire en ramenant toujours le circuit à une résistance déterminée $R_0 = 544$ ohms — de manière à vérifier que le phénomène reste suffisamment constant. On a vu, en effet, que les déviations diminuaient peu à peu, ce qui pourrait troubler nos résultats. J'ai trouvé ainsi :

Moyenne des *20 premières* déviations sans résistance additionnelle	$\overline{\beta_D} = 86,4$ $\overline{\beta_G} = 81,3$
Moyenne des *20 dernières* déviations sans résistance additionnelle	$\overline{\beta_D}' = 82,3$ $\overline{\beta_G}' = 78,1$

L'intensité du phénomène a donc bien diminué; mais les divergences entre $\overline{\beta}_D$ et $\overline{\beta}_D'$ d'une part et $\overline{\beta}_G$ et

$\overline{\beta}_G'$ d'autre part, ne dépassant pas 5 %, je les ai négligées.

Résistance R additionnelle	Résistance R + R₀ totale	α'	β_D	β_G	$\frac{\beta_D}{\alpha'}$	$\frac{\beta_G}{\alpha'}$
ω 200	ω 744	60,3	73,0	71,0	1,22	1,17
400	944	47,5	52,0	57,0	1,10	1,20
600	1144	39,0	49,0	45,0	1,25	1,15
800	1344	33,2	38,9	33,0	1,19	0,99
1000	1544	29,0	39,9	33,0	1,34	1,14
1200	1744	25,8	26,0	21,0	1,00	0,81
1400	1944	23,2	28,0	23,2	1,21	1,00
1600	2144	21,0	21,0	21,9	1,00	1,04
1800	2344	19,3	19,0	17,2	0,99	0,90
2000	2544	17,6	17,0	18,0	0,97	1,02
2200	2744	16,4	17,3	17,7	1,06	1,08
2400	2944	15,2	16,4	14,0	1,08	0,92
2600	3144	14,2	16,4	14,2	1,15	1,00
2800	3344	13,3	17,0	15,4	1,27	1,16
3000	3544	12,5	11,0	10,2	0,88	0,82
5000	5544	8,0	8,0	8,0	1,00	1,00
10000	10544	4,2	4,0	5,0	0,95	1,19
20000	20544	2,2	2,2	3,0	1,00	1,36
30000	30544	1,5	1,5	1,9	1,00	1,26
40000	40544	1,1	1,3	1,1	1,18	1,00
50000	50544	0,9	1,0	0,9	1,11	1,00
100000	100544	0,4	0,5	0,3	1,25	0,75
		Moyennes des Rapports			1,10	1,04

On voit donc que les rapports $\frac{\beta_D}{\alpha'}$ et $\frac{\beta_G}{\alpha'}$ des impulsions par torsion aux impulsions par induction oscillent autour d'une valeur moyenne voisine de l'unité. Nous

pouvons donc admettre le parallélisme des phénomènes de Bose avec un phénomène d'induction. Nous pouvons, comme précédemment, rechercher les valeurs $\Delta\Phi_D$ et $\Delta\Phi_G$ des flux correspondants. En procédant comme il a été indiqué § 2, 3, on trouve :

$\Delta\Phi_D =$ *144 microvolts-secondes*
$\Delta\Phi_G =$ *135 microvolts-secondes*

5. Ainsi donc, nous avons acquis les points suivants :

1° *Un fil métallique parfaitement propre et poli ne donne rien à la torsion.*

2° *Un fil métallique recouvert d'une mince couche poreuse non métallique donne, lorsqu'on le tord, une force électromotrice instantanée d'environ 150 microvolts-secondes.*

3° *Le liquide conducteur entourant la couche joue un rôle important, relativement au signe du phénomène électrique mis en jeu.*

6. Mais ces expériences, qui montrent bien l'influence énorme que possède la couche non métallique sur le fil dans les phénomènes de Bose, ne peuvent pas encore nous donner une interprétation simple du phénomène. En effet, l'argent est, dans certains cas, un métal relativement altérable, de sorte qu'il est difficile de distinguer ce qui est dû à l'action de la couche sur l'électrolyte et ce qui est causé par l'altération du métal. Faisons l'expérience suivante : prenons le fil d'argent parfaitement propre et bien poli, soumettons-le à la torsion dans la solution iodée ; les premières déviations du galvanomètre seront faibles ; mais bientôt elles augmentent d'une façon considérable et enfin atteignent les valeurs signalées au début du ta-

bleau du n° 3 de ce paragraphe. En continuant à tordre, les impulsions diminuent peu à peu, comme dans les expériences ordinaires. Mais en examinant le fil au cours des observations, on voit la surface métallique perdre progressivement son éclat et se recouvrir d'une teinte violacée due à la formation d'iodure d'argent. Nous avons donc ici deux phénomènes différents : d'abord l'action du liquide sur le métal, puis, lors de la torsion, l'influence de la formation de la couche sur la réponse électrique.

7. Il est donc essentiel de mettre le fil tordu dans des conditions aussi simples que possible. Pour cela, il est nécessaire :

1° D'avoir un fil métallique dont le métal soit très peu attaqué par l'électrolyte ;

2° De former une couche non métallique qui ne se dissolve pas dans le liquide.

Comme métal, le *platine* est tout indiqué. Malheureusement, il est difficile de former une couche non métallique poreuse sur un fil de platine à la façon d'une couche d'iodure ou de chlorure d'argent sur un fil d'argent.

J'ai essayé de former une couche mince de *kaolin*. On sait que cette substance, délayée dans l'eau, se laisse assez bien appliquer, avec un pinceau, sur une surface métallique ; sa résistance à la rupture par déformation, son adhérence, ainsi que sa plasticité, sont assez considérables, si l'on a soin de durcir la mince couche en la chauffant à blanc. Pour avoir une couche un peu épaisse, il faut répéter plusieurs fois l'opération. D'autre part, on sait que le kaolin est très peu soluble, de sorte que son action électrochimique sera négligeable dans la plupart des électrolytes.

Un fil de platine ainsi préparé fut tordu dans un bain rendu fortement *acide* par l'acide chlorhydrique. J'observai alors une déviation notable du galvanomètre. Puis, dans une seconde expérience, le bain fut changé et rendu *alcalin* par l'ammoniaque J'observai alors une déviation de même ordre de grandeur que la précédente, mais de *sens inverse*. Ainsi donc, la nature de l'électrolyte joue un rôle véritablement prépondérant, tandis que la nature du métal et celle de la couche, choisies à dessein parmi les substances les moins altérables, ne peuvent avoir ici une grande influence.

Cette expérience fut décisive et orienta mes recherches dans une voie nouvelle. Il existe en effet un travail important, dû M. J. Perrin, *sur l'électrisation de contact entre une paroi non métallique et un électrolyte*. Dans son mémoire, M. J. Perrin montre qu'en *milieu acide*, la paroi s'électrise *positivement*, tandis qu'en *milieu basique*, elle prend l'électricité négative, pourvu toutefois qu'elle ne soit pas soluble, c'est-à-dire qu'elle n'émette pas elle-même des ions. Sans cette dernière restriction, la règle est tout à fait générale.

Dans le paragraphe suivant, j'exposerai plus en détail les recherches de M. Perrin. Mais avant de terminer ces considérations, je ferai encore quelques remarques.

8. J'ai dit plus haut que j'avais disposé les appareils de façon à comparer le phénomène de Bose avec les phénomènes photoélectriques. L'effet électrique de la lumière sur le fil ioduré ou chloruré s'est montré assez faible ; il ne marchait guère parallèlement avec le phénomène de Bose et n'altérait pas sensiblement le phénomène électrique dû à la torsion. En effet, le fil

d'argent ioduré et exposé longtemps à l'action de la lumière, donnait à la torsion la même réponse électrique qu'un fil semblable, mais préparé et observé dans l'obscurité.

Il semblerait donc que les rapprochements que j'essayais de tenter n'étaient qu'accidentels. Cependant, des expériences plus complètes dans cet ordre d'idées seraient assez désirables. Sans vouloir m'étendre davantage sur cette question, je signalerai encore la remarque suivante que fait E. Becquerel à propos des actinomètres électrochimiques. E. Becquerel[1], dans son actinomètre, expose à l'action de la lumière solaire des lames de platine ou d'or, après les avoir préalablement chauffées au rouge. « En opérant avec une solution alcaline, dit-il, on trouve que la lame exposée aux rayons solaires directs prend au liquide l'électricité négative ; avec une solution acide, elle prend au contraire l'électricité positive. Les déviations de l'aiguille aimantée du galvanomètre peuvent être de plusieurs degrés. »

Voilà certes une observation en coïncidence curieuse avec la règle de M. Perrin citée ici ; elle mériterait un examen plus attentif.

(A suivre.)

[1] E. Becquerel, *La Lumière*, t. II, p. 123, Paris, 1868.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AUX

FORTIFICATIONS DE SAINT-MAURICE

PENDANT LES MOIS DE

Mars, Avril et Mai 1908.

(PRINTEMPS 1908)

OBSERVATIONS DIVERSES

Mars 1908.

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée* : les 21 et 26 à l'Aiguille.

Neige sur le sol : du 1 au 5 et les 11, 12 et 14 à Lavey ; du 1 au 14 à Savatan ; tout le mois à Dailly et à l'Aiguille.

Fœhn le 6 à Lavey, Savatan et Dailly ; les 9 et 29 aux deux stations inférieures.

Avril 1908.

Brouillard. — I. *Brouillard pendant une partie de la journée* : les 1, 8 et 18 à Savatan ; les 9 et 20 à Dailly ; les 8, 9, 19 et 20 à l'Aiguille. — II. *Brouillard pendant tout le jour :* le 25 à Dailly et à l'Aiguille.

Neige sur le sol : le 21 à Lavey ; du 4 au 5, du 19 au 21, et le 26 à Savatan ; du 1 au 2, du 4 au 9, du 19 au 22 et du 25 au 26 à Dailly ; du 1 au 11, du 19 au 22 et du 25 au 26 à l'Aiguille.

Fœhn le 16 aux quatre stations et le 23 aux deux stations inférieures.

Mai 1908.

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée* : les 13 et 29 à Dailly ; le 29 à l'Aiguille.

Neige sur le sol : le 24 à Lavey ; du 24 au 25 aux trois stations supérieures.

Fœhn : nuit du 9 au 10 aux trois stations inférieures ; le 30 aux quatre stations et le 31 à Lavey et à Savatan.

Orage : le 21.

MOIS DE MARS 1908

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne Savatan	Baromètre Hauteur moyenne Dailly	Thermomètre Température moyenne Savatan	Thermomètre Température moyenne Dailly	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Savatan	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Dailly	Nébulosité moyenne Lavey	Nébulosité moyenne Savatan	Nébulosité moyenne Dailly	Pluie et Neige (hauteur mesurée) Lavey Pluie	Lavey Neige	Savatan Pluie	Savatan Neige	Dailly Pluie	Dailly Neige	Aiguille Pluie	Aiguille Neige
	mm.	mm.	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	**692.0**	**644.6**	− **2.2**	− 5.0	76	92	3	5	5	0.3	2	5.0	3	3.0	2	2.5	3
2	694.6	647.0	− 2.1	− 4.2	57	56	3	2	1	....	....	....	....	....	....	....	....
3	698.5	650.7	− 1.3	− 4.0	57	64	0	2	1	....	....	....	....	....	....	....	....
4	703.7	655.8	+ 0.1	− 3.1	45	52	6	5	4	....	....	....	....	....	....	....	....
5	706.7	659.4	3.7	+ 0.6	36	**37**	5	6	6	....	....	....	....	....	....	....	....
6	701.6	655.8	4.9	+ 0.3	**33**	42	2	1	1	....	....	....	....	....	....	0.5	1
7	704.4	657.0	1.9	− 1.5	86	91	8	9	8	1.7	...	....	....	0.3	1	0.3	1
8	705.8	658.7	3.6	+ 1.7	55	59	7	9	8	....	....	....	....	4.2	....	....	....
9	700.5	655.4	**8.9**	+ **6.0**	42	42	6	7	8	11.2	....	11.3	....	9.5	8	9.6	15
10	698.8	652.1	1.7	− 1.5	73	83	10	10	10	0.9	....	0.5	1	0.7	2	3.2	2
11	698.6	651.8	+ 0.1	− 2.1	99	71	10	9	9	8.9	4	9.0	**11**	**13.4**	**15**	**10.3**	**21**
12	702.0	653.5	− 1.0	− 3.6	94	90	10	9	9	0.5	....	0.4	1	0.3	....	0.9	1
13	703.3	654.6	− 1.2	− 4.8	65	87	7	7	6	1.5	2	2.0	2	1.5	2	1.3	3
14	704.2	656.5	− 1.5	− **5.3**	67	95	2	5	3	....	....	....	....	....	....	....	....
15	703.4	655.7	− 1.6	− 4.9	57	78	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
16	701.6	654.5	− 1.3	− 3.1	75	66	7	7	6	....	....	....	....	....	...	....	....
17	698.3	651.4	0.0	− 3.9	79	100	9	10	8	....	....	....	....	....	....	....	....
18	695.3	648.8	+ 0.8	− 3.3	67	86	10	10	10	.. .	....	.. .	....	0.2	....	0.2	....
19	695.1	648.2	1.6	− 1.8	65	82	8	9	9	....	....	....	....	.. .	....	....	....
20	697.1	650.1	3.9	+ 1.7	63	61	6	4	8	1.2	....	1.6	....	1.4	1	1.1	2
21	702.4	654.4	2.3	0.1	100	100	10	10	10	3.3	....	3.8	....	3.0	....	3.3	....
22	699.7	653.5	4.9	2.5	75	81	3	3	0	....	....	....	....	....	....	....	....
23	700.9	654.1	5.5	1.8	64	88	8	6	8	1.2	....	....	....	0.7	....	1.2	1
24	704.1	657.9	6.3	3.1	54	65	1	3	4	....	....	....	....	....	....	....	....
25	703.9	657.5	5.7	+ 2.0	54	64	7	6	7	1.2	....	2.0	....	0.7	....	1.3	2
26	705.1	658.2	2.7	− 0.1	97	100	8	8	7	1.3	...	1.8	....	1.9	1	1.4	2
27	707.3	660.2	4.5	+ 0.9	65	87	5	4	5	....	....	....	....	....	....	....	....
28	**708.7**	661.3	5.7	2.3	63	58	4	5	5	....	....	....	....	....	....	....	....
29	708.6	**661.4**	7.4	4.0	40	42	2	1	3	....	....	....	....	....	....	....	..
30	707.0	660.9	7.9	4.5	44	43	3	5	6	....	....	....	....	....	....	....	....
31	704.9	659.0	+ 5.7	+ 2.7	85	88	10	10	10	**17.0**	....	**14.6**	....	7.4	1	9.7	15
Mois	701.87	654.84	+ 2.50	− 0.57	66	73	5.9	6.0	6.0	50.2	8	52.0	18	48.2	33	46.8	69

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1908

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
1re décade...	700.39	700.55	701.04	700.66	653.23	653.54	654.17	653.65
2me » ...	699.87	699.64	700.14	699.88	652.60	652.30	652.62	652.51
3me » ...	704.86	704.59	704.91	704.79	657.85	658.03	658.26	658.05
Mois..	701.81	701.69	702.12	701.87	654.66	654.73	655.12	654.84

Température.

	Savatan					
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	Minim. moyen	Maxim. moyen
	o	o	o	o	o	o
1re décade...	− 0.46	+ 4.02	+ 2.22	+ 1.93	− 1.1	+ 5.3
2me » ...	− 2.06	+ 2.16	− 0.16	− 0.02	− 2.4	+ 3.4
3me » ...	+ 3.15	+ 8 00	+ 4.80	+ 5.32	+ 2.7	+ 9.6
Mois..	+ 0.30	+ 4.83	+ 2.37	+ 2.50	− 0.2	+ 6.2
	Dailly					
1re décade...	− 3.26	+ 1.31	− 1.20	− 1.05	− 5.4	+ 2.6
2me » ...	− 4.78	− 1.33	− 3.24	− 3.12	− 6.6	+ 0.2
3me » ...	+ 0.65	+ 3.94	+ 1.93	+ 2.17	− 1.4	+ 5.4
Mois..	− 2.37	+ 1.39	− 0.75	− 0.57	− 4.3	+ 2.8

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	63	52	54	56	71	53	61	62
2me » ...	80	65	74	73	86	71	89	82
3me » ...	75	59	68	67	79	69	74	74
Mois..	73	59	65	66	79	65	75	73

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	6.0	4.6	4.8	5.1	5.5	6.8	4.3	5.5	6.2	5.8	3.6	5.2
2me » ...	5.9	7.5	7.0	6.8	6.0	7.5	7.4	7.0	5.4	7.7	7.4	6.8
3me » ...	6.9	5.4	4.9	5.7	6.4	6.5	3.5	5.5	6.8	6.4	4.5	5.9
Mois..	6.3	5.8	5.6	5.9	6.0	7.0	5.0	6.0	6.2	6.6	5.1	6.0

MOIS D'AVRIL 1908

Jours du mois.	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Hygromèt. Fraction de saturation moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée)							
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Lavey Pluie	Lavey Neige	Savatan Pluie	Savatan Neige	Dailly Pluie	Dailly Neige	Aiguille Pluie	Aiguille Neige
	mm	mm.	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	702.0	654.9	+ 3.3	+ 0.8	87	90	10	10	10	6.5	....	....	....	5.1	....	4.2	....
2	706.5	659.2	6.0	2.3	47	46	5	4	4	....	....	....	....	....	....	....	....
3	706.3	659.6	6.5	4.3	62	57	5	3	3	0.2	....	....	....	0.1	....	0.2	1
4	703.5	657.1	4.3	+ 0.4	76	79	6	9	7	3.2	....	10.8	2	9.5	**8**	9.8	10
5	696.7	650.6	2.1	- 1.9	78	90	8	8	9	4.4	....	5.3	....	10.8	6	9.2	7
6	697.4	650.6	1.9	- 2.0	**94**	100	10	10	10	2.0	....	1.8	....	5.7	6	5.4	7
7	697.4	650.6	2.9	- 1.0	73	100	8	7	9	....	....	....	....	0.1	....	0.9	1
8	699.0	651.9	3.7	+ 0.7	83	97	6	8	3	2.6	....	2.0	....	1.3	....	1.0	3
9	697.9	651.6	5.3	1.3	69	98	5	6	7	....	....	....	....	....	....	....	....
10	699.1	652.5	6.1	2.5	49	53	2	4	3	....	....	....	....	....	....	....	....
11	699.2	652.9	7.7	4.3	52	62	3	5	3	....	....	....	....	....	....	....	....
12	698.7	652.6	7.9	5.4	55	64	6	7	5	2.5	....	1.6	....	0.6	....	1.1	....
13	699.6	653.5	7.5	3.7	61	77	7	8	8	....	....	....	....	....	....	....	....
14	699.8	653.4	6.5	3.4	71	90	6	4	7	....	....	....	....	....	....	....	....
15	702.2	655.3	8.5	6.4	66	73	5	4	5	....	....	....	....	....	....	....	....
16	701.9	656.4	**13.3**	8.3	**35**	**39**	5	8	7	....	....	....	....	....	....	....	....
17	700.3	654.9	11.9	7.1	66	66	5	5	6	6.5	....	7.6	....	7.7	....	5.4	....
18	694.7	649.3	6.7	+ 3.8	88	93	10	10	10	6.0	....	5.7	....	9.8	3	9.5	6
19	**691.9**	645.5	+ 0.1	- 3.6	85	87	10	8	10	2.1	....	3.0	1	10.5	8	**11.8**	10
20	692.6	**645.2**	- 0.7	- 4.1	76	86	8	9	8	5.9	**3**	6.2	3	10.7	6	10.1	8
21	698.7	650.7	- **0.9**	- **5.2**	74	97	8	9	10	0.3	....	....	....	1.7	2	2.7	3
22	702.4	655.0	+ 2.9	- 0.5	50	54	1	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
23	699.4	653.6	7.9	+ 3.5	37	42	2	2	1	....	....	....	....	....	....	....	....
24	695.1	648.4	6.1	+ 2.8	72	67	10	10	10	**13.2**	....	**11.4**	....	**14.9**	**9**	8.5	**11**
25	696.0	648.8	1.9	- 1.4	90	100	10	10	10	11.0	....	11.5	**4**	9.5	6	6.2	8
26	702.0	654.3	3.0	- 0.1	65	57	6	4	6	....	....	....	....	0.1	....	....	....
27	703.2	657.1	6.3	+ 4.7	62	59	7	6	6	....	....	0.3	....	....	....	....	....
28	701.2	656.2	12.5	**9.9**	54	47	6	5	6	2.1	....	4.1	....	6.6	....	3.8	....
29	706.8	660.3	10.1	6.0	61	70	7	6	5	....	....	....	....	....	....	....	....
30	**709.3**	**663.1**	+11.3	+ 7.8	43	47	2	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
Mois	700.03	653.50	+ 5.74	+ 2.31	66	73	6.3	6.3	6.3	68.5	3	74.3	10	104.7	54	89.8	75

MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1908

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
1re décade...	700.44	700.14	701.19	700.59	653.58	653.77	654.25	653.87
2me » ...	698.31	697.68	698.31	698.10	651.99	651.71	652.03	651.91
3me » ...	701.09	700.78	702.36	701.41	654.14	654.48	655.59	654.74
Mois..	699.94	699.53	700.62	700.03	653.23	653.32	653.96	653.50

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	Minim. moyen	Maxim. moyen
	Savatan					
	°	°	°	°	°	°
1re décade...	+ 1.96	+ 6.74	+ 3.90	+ 4.20	+ 1.4	+ 8.2
2me » ...	+ 4.38	+ 9.72	+ 6.70	+ 6.93	+ 3.5	+ 11.6
3me » ...	+ 3.38	+ 8.82	+ 6.10	+ 6.10	+ 2.0	+ 11.2
Mois..	+ 3.24	+ 8.43	+ 5.57	+ 5.74	+ 2.3	+ 10.3
	Dailly					
1re décade...	− 0.60	+ 2.13	+ 0.62	+ 0.72	− 2.7	+ 4.0
2me » ...	+ 2.03	+ 5.47	+ 2.91	+ 3.47	− 0.3	+ 7.1
3me » ...	+ 0.42	+ 4.99	+ 2.81	+ 2.74	− 2.2	+ 6.6
Mois..	+ 0.62	+ 4.20	+ 2.11	+ 2.31	− 1.7	+ 5.9

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	83	61	71	72	80	83	80	81
2me » ...	76	56	64	65	79	70	72	74
3me » ...	70	53	59	61	69	62	61	64
Mois..	77	57	65	66	76	72	71	73

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	7.5	6.6	5.5	6.5	7.2	7.6	5.8	6.9	6.7	6.0	6.8	6.5
2me » ...	6.2	6.6	6.5	6.4	6.4	7.6	6.2	6.7	6.1	7.6	7.2	7.0
3me » ...	6.1	6.0	5.7	5.9	6.0	5.3	4.7	5.3	5.8	6.1	4.6	5.5
Mois..	6.6	6.4	5.9	6.3	6.5	6.8	5.6	6.3	6.2	6.6	6.2	6.3

MOIS DE MAI 1908

Jours du mois.	Baromètre Hauteur moyenne Savatan	Baromètre Hauteur moyenne Dailly	Thermomètre Température moyenne Savatan	Thermomètre Température moyenne Dailly	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Savatan	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Dailly	Nébulosité moyenne Lavey	Nébulosité moyenne Savatan	Nébulosité moyenne Dailly	Pluie et Neige (hauteur mesurée) Lavey Pluie	Lavey Neige	Savatan Pluie	Savatan Neige	Dailly Pluie	Dailly Neige	Aiguille Pluie	Aiguille Neige
	mm.	mm.	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	708.9	662.8	+12.5	9.9	43	38	1	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
2	707.4	661.9	15.1	12.9	41	35	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
3	705.5	661.0	16.6	14.5	45	33	2	4	2	....	....	....	....	....	....	....	....
4	701.3	657.4	19.3	16.7	45	53	6	7	5	4.8	....	4.8	....	5.3	....	1.5	....
5	**698.9**	**654.6**	16.2	13.6	63	61	7	6	6	3.3	....	2.9	....	0.1	....	0.2	....
6	701.1	655.3	10.7	7.1	74	76	10	10	9	14.1	....	14.6	....	19.1	....	12.2	....
7	707.0	660.6	8.3	6.1	93	81	9	10	10	2.0	....	1.8	....	2.2	....	1.9	....
8	708.1	662.7	13.1	12.0	60	48	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
9	705.5	661.2	18.1	16.8	**39**	**31**	2	4	4	....	....	....	....	....	....	....	....
10	704.7	660.5	18.8	17.8	43	38	2	3	3	....	....	....	....	....	....	....	....
11	703.5	659.8	18.5	17.1	54	49	5	5	3	....	....	....	....	....	....	....	....
12	702.2	657.7	18.7	16.6	51	44	1	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
13	701.6	656.2	11.3	7.9	79	87	9	9	10	0.5	....	0.5	....	0.2	....	1.3	....
14	701.8	655.7	9.6	7.5	86	90	6	7	8	7.3	....	6.8	....	6.6	....	6.0	....
15	705.8	660.3	14.5	12.4	61	57	8	7	8	0.3	....	0.4	....	0.5	....	0.6	....
16	710.7	665.1	12.9	8.8	65	71	4	7	5	....	....	....	....	....	....	....	....
17	**715.0**	668.0	13.6	10.1	61	69	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
18	714.2	**668.6**	19.3	14.0	60	58	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
19	712.2	667.1	18.9	16.7	58	47	1	4	3	....	....	....	....	....	....	....	....
20	709.5	665.4	19.9	16.4	53	51	1	2	2	....	....	....	....	....	....	....	....
21	705.4	661.5	**20.1**	**18.4**	50	36	3	3	4	2.0	....	0.6	....	0.4	....	0.2	....
22	701.3	656.9	16.9	+13.9	62	57	8	8	7	6.0	....	8.0	....	19.1	....	16.8	....
23	704.3	657.4	**1.6**	**− 0.4**	100	100	10	10	10	**41.0**	**2**	**37.0**	**10**	**39.5**	**29**	**35.2**	**35**
24	704.4	657.1	2.9	+ 0.6	100	100	10	10	10	2.5	....	1.8	....	2.5	....	2.1	....
25	707.5	660.6	10.5	8.3	57	51	6	5	4	....	....	....	....	0.2	....	1.2	....
26	709.9	663.6	12.5	8.7	67	76	9	10	10	....	....	....	....	....	....	....	....
27	710.2	664.7	14.3	10.3	63	71	5	4	3	....	....	....	....	....	....	....	....
28	705.8	660.8	11.7	7.5	62	67	6	2	6	3.3	....	1.8	....	1.4	....	1.3	....
29	703.1	657.3	9.1	5.7	83	91	7	8	10	....	....	2.2	....	2.6	....	2.0	....
30	705.4	660.3	15.5	10.6	44	52	4	4	5	....	....	....	....	....	....	....	....
31	706.9	662.5	+19.9	+15.3	41	40	5	5	4	....	....	....	....	....	....	....	....
Mois	706.10	660.79	+14.22	+11.38	61	60	4.7	5.0	4.9	87.1	2	83.2	10	99.7	29	82.5	35

MOYENNES DU MOIS DE MAI 1908

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
1re décade...	705.14	704.56	704.80	704.83	659.86	659.72	659.80	659.79
2me » ...	707.65	707.69	707.60	707.65	662.17	662.30	662.70	662.39
3me » ...	705.84	705.55	706.14	705.84	660.20	660.20	660.32	660.24
Mois..	706.20	705.92	706.18	706.10	660.72	660.72	660.92	660.79

Température.

	Savatan					
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	Minim. moyen	Maxim. moyen
	°	°	°	°	°	°
1re décade...	+ 10.98	+ 18.46	+ 15.12	+ 14.85	+ 10.0	+ 20.9
2me » ...	+ 12.26	+ 19.44	+ 15.46	+ 15.72	+ 11.1	+ 20.9
3me » ...	+ 10.25	+ 14.98	+ 11.62	+ 12.28	+ 8.1	+ 17.1
Mois..	+ 11.13	+ 17.54	+ 13.99	+ 14.22	+ 9.7	+ 19.5
	Dailly					
1re décade...	+ 9.43	+ 15.88	+ 12.86	+ 12.72	+ 6.9	+ 17.4
2me » ...	+ 10.75	+ 14.87	+ 12.63	+ 12.75	+ 8.0	+ 16.9
3me » ...	+ 7.40	+ 11.48	+ 8.11	+ 9.00	+ 4.0	+ 12.8
Mois..	+ 9.14	+ 13.99	+ 11.10	+ 11.38	+ 6.2	+ 15.6

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	62	46	55	54	59	37	53	49
2me » ...	73	55	59	63	68	59	59	62
3me » ...	71	62	67	66	71	61	70	67
Mois..	69	55	60	61	66	53	61	60

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	3.5	3.7	4.4	3.9	3.7	5.0	4.4	4.4	3.6	4.4	4.1	4.0
2me » ...	4.1	3.2	3.0	3.4	4.0	4.0	4.9	4.3	4.0	3.6	4.2	3.9
3me » ...	5.3	7.0	7.8	6.7	5.3	6.6	7.0	6.3	5.2	6.6	8.1	6.6
Mois..	4.3	4.7	5.2	4.7	4.4	5.3	5.5	5.0	4.3	4.9	5.6	4.9

COMPTE RENDU DES SÉANCES
DE LA SOCIÉTÉ NEUCHATELOISE
DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 6 mars 1908.

Le GrandRoy. Observations hypsométriques dans la vallée de Zermatt. — Thiébaud. Observations sur la biologie de quelques entomostracés pélagiques du lac de Neuchâtel.

M. Le GrandRoy donne un résumé des *observations hypsométriques* qu'il a faites *dans la vallée de Zermatt pendant l'été de 1907*. Ces observations ont été faites à l'aide d'un baromètre anéroïde d'Usteri. Les indications absolues de cet instrument concordent à très peu près avec celles de l'hypsomètre de Regnault et du baromètre de Fortin, et cette concordance se maintient à des altitudes très différentes. Toutefois, pour obtenir cette concordance, il ne faut pas prendre les lectures directes de l'anéroïde, mais les corriger à l'aide d'une table de comparaison, fournie par le constructeur de l'anéroïde avec un baromètre normal à mercure. Dans ces conditions, les résultats des mesures hypsométriques sont d'une exactitude très satisfaisante et tout à fait comparable à celle que peuvent donner le baromètre de Fortin ou l'hypsomètre de Regnault. La moyenne d'un certain nombre de mesures donne une hauteur avec une limite d'erreur de 2 à 3 %.

M. Thiébaud présente quelques *observations sur la biologie de quelques entomostracés pélagiques du lac de Neu-*

châtel; ces cladocères se reproduisent sexuellement et parthénogénétiquement. D'après l'alternance de ces deux modes de reproduction, on peut classer biologiquement les cladocères en les 3 catégories suivantes :

1° *Espèces polycycliques* chez lesquelles on constate pendant le courant d'une année plusieurs (en général deux) époques de génération sexuée alternant avec des périodes de reproduction parthénogénétique.

2° *Espèces monocycliques* ne présentant qu'une seule période de reproduction sexuée faisant suite à une autre reproduction asexuée.

3° Enfin des *espèces acycliques* se reproduisant toujours parthénogénétiquement.

De nombreuses observations et expériences ont montré que ces divers modes de reproduction étaient fonction des agents extérieurs (température de l'eau, dessèchement des bassins de faible étendue etc).

Les cladocères de nos lacs sont acycliques pour la plupart et se reproduisent donc par voie parthénogénétique pendant toute l'année. Or en étudiant dans la collection de M. le prof. Fuhrmann du plancton récolté en octobre 1907 dans la région pélagique du lac de Neuchâtel, j'ai trouvé que *Bosmina corregoni* Baud dont la femelle seule était encore connue des lacs suisses présentait à côté de femelles portant des œufs d'été ou parthénogénétiques de nombreux mâles et femelles à œufs d'hiver c'est-à-dire fécondés. Ce fait est à relever car *Burkhardt* qui a étudié le plancton de tous les lacs importants de la Suisse, affirme que sur des milliers de *Bosmina* qu'il a examinées, il n'a jamais trouvé de mâles. Il considère donc la *B corregoni* comme *acyclique.* Dans les lacs des contrées septentrionales, de la Suède plus spécialement, les espèces pélagiques du genre Bosmina sont monocycliques et les mâles apparaissent en automne. Le fait que le même phénomène se produit dans le lac de Neuchâtel, permet de rapprocher ce lac des lacs plus froids et moins profonds du Nord de l'Europe. Ce caractère septentrional de notre lac est encore confirmé par la présence, surtout

dans la région profonde, de certains entomostraces, vivant ordinairement dans les eaux froides de grande altitude tels que *Cantrocamptus Zschokkei*, *C. Shmeilii* var *hamata* *C. echinatus* var *luenensis*, des lacs du Raetikon et par celle, dans la région latérale, *Anchystropus emarginatus* un cladocère des lacs du nord.

La présence de ces mâles permet d'élucider une question de synonymie. La détermination des diverses espèces du genre *Bosmina* n'est pas chose aisée, grâce aux variations locales et saisonnières qu'elle présentent. Or il est important, au point de vue zoogéographique de pouvoir identifier les espèces d'une localité avec celles d'une autre station. La comparaison des exemplaires mâles et femelles de la *Bosmina* du lac de Neuchâtel avec les espèces figurées dans le grand ouvrage de Lilljeborg: Cladocera Sueciae, permet d'identifier *Bosmina caregoni* Baud du lac de Neuchâtel de Burkhardt (Zooplankton der grösseren Seen der Schweiz) avec *Bosmina obtusirostris* Sars var *lacustris* Sars de l'ouvrage de Lilljeborg. Le mâle qui existe dans le lac de Neuchâtel est exactement le même que celui dessiné à la planche XXXVI, fig. 12 de l'ouvrage cité plus haut.

2° L'auteur parle ensuite des variations saisonnières très curieuses de *Daphnia hyalina*. Son étude sur du matériel provenant de plusieurs années n'a fait que confirmer les vues de Burkhardt et n'a pas amené de faits nouveaux.

Séance du 20 mars.

Thiébaud. modifications des verticilles floraux de Campanula pyramidalis. — Dr Jacot-Guillarmod. Les chiens de Constantinople.

M. THIÉBAUD parle des *modifications des verticilles floraux de Campanula pyramidalis.*

Cette plante d'appartement a deux floraisons. Les fleurs normales sont pentamères avec des sépales linéaires, les fleurs d'automne sont trimères et leurs sépales sont bractéiformes. Il arrive même parfois que l'un des trois

descende sur la tige et simule une feuille. C'est un exemple remarquable de régression par l'affaiblissement de l'énergie reproductive aux dépens de l'énergie végétative.

M. le Dr Jacot Guillarmod résume les observations sur les « *chiens de Constantinople* » dont il décrit minutieusement les mœurs. Ils paraissent descendre du chacal dont ils ont conservé la timidité.

Séance du 24 avril.

Fuhrmann. Nouveau botryocéphale du lac de Neuchâtel. — Piguet. Quelques observations sur les Oligochètes aquatiques du canton de Neuchâtel.— Paul Godet. Supplément au Catalogue des Mollusques du Jura neuchâtelois.

M. Fuhrmann, prof., parle d'un *nouveau botryocéphale du lac de Neuchâtel.*

M. Piguet, Dr ès sciences, présente *quelques observations sur les Oligochètes aquatiques du canton de Neuchâtel.* Il fait ressortir la richesse de nos cours d'eau, de nos lacs et l'originalité de la faune des tourbières.

M. Paul Godet, prof., communique un *Supplément au Catalogue des Mollusques du Jura neuchâtelois, etc.*

Une étude plus approfondie du groupe *Crystallus* comprenant de jolies petites espèces transparentes, ainsi qu'un envoi de formes de ce genre provenant de nos montagnes, lui a révélé l'existence dans notre canton de deux espèces nouvelles, non signalées jusqu'ici, le *Cr. andreæi* (Bttg.) et *Cr. subrimatus* (Reinhardt). Il faut y joindre une variété du *Cr. crystallinus* Müll. que Bourguignat a désignée sous le nom de *Hyalina subterranea.* De sorte que nos formes doivent être énumérées de la manière suivante :

G. *Crystallus* (Lowe) Kob. (Vitræa. Fitz.)

Cr. crystallinus (Müll.) — Jura neuch., etc. (Couvet)

(Helix. Müll. Hyalina. auct.)
var. *subterranea* (Brgt.) Jura neuch., etc. plus rare.
Cr. andræei. (Bttg.) — Jura neuch., etc. commun.
(Hyalina. Bttg.)
Cr. subrimatus (Reinhardt.) — Jura neuch., etc.
(Hyal. Reinh. — H. crystallina. var. subrimata. Hazay.) Valanvron ! près La Chaux-de-Fonds.
Cr. diaphanus (Studer). — Jura neuch., etc.
(Helix. Stud. Hyalina. auct.) plus rare que crystallina et andræei.

Ce qui porte à 141 le nombre de nos espèces.

Séance du 8 mai.

L. Isely. Inflexions de divers ordres. — Eug. Mayor. Les Erysiphées. — Spinner. Quelques cas remarquables de tératologie. végétale.

M. L. Isely, prof., expose succinctement la théorie générale des *inflexions de divers ordres* des courbes planes, en la complétant dans plusieurs de ses parties. Après avoir parlé des points *méplats*, qui se présentent quand la première dérivée de *y*, d'ordre au moins égal à 2, qui ne s'annule pas est d'ordre *pair ;* et des points *inflexionnels*, qui correspondent aux cas où cette dérivée est d'ordre *impair*, et avoir donné de nombreux exemples de ces deux genres de points, le conférencier aborde, pour la traiter avec toute l'attention qu'elle comporte, la question si intéressante des *hessiennes*, ces courbes remarquables qui passent par les points d'inflexion et par les points méplats d'une courbe algébrique donnée. On sait, entre autres, que la hessienne qui fournit les inflexions ordinaires ou du *premier ordre*, a pour équation, en coordonnées homogènes, une expression de la forme $H = o$, H étant le déterminant *fonctionnel* ou le *jacobien* des dérivées partielles du premier ordre $\frac{\partial f}{\partial x}$, $\frac{\partial f}{\partial y}$, $\frac{\partial f}{\partial z}$. Etant du degré $3\,(m\text{-}2)$, elle a, avec la courbe proposée du degré m, $3\,m\,(m-2)$ points communs, réels, coïncidents ou imaginaires. Il en

résulte que le nombre des points d'inflexion d'une courbe algébrique ne peut surpasser $3\ m\ (m-2)$. Une conique proprement dite n'a donc aucun point d'inflexion. Une cubique en a au plus neuf. Cette hessienne, passant aussi par les points multiples de la courbe donnée, le nombre des points d'inflexion se réduit, comme Plücker l'a établi le premier, à $3\ m\ (m-2) - 6\ d - 8\ r$, d désignant le nombre des points doubles et r celui des points de rebroussement[1].

De même, les points inflexionnels du *second ordre* ou *quintiponctuels*, dont les coordonnées satisfont à l'équation $y^{IV} = 0$, appartiennent en commun à la courbe donnée et à une autre courbe que l'on peut baptiser du nom de *hessienne seconde*. Dans le cas très fréquent où y est fonction implicite de x, l'emploi des coordonnées homogènes conduit à une expression de grande étendue, qui sera insérée, ainsi que le présent travail, au prochain *Bulletin* (t. *XXXV*) de la Société. Les points inflexionnels d'un ordre plus élevé encore, ainsi que les points méplats, se prêtent à des considérations analogues. L'étude des hessiennes se trouve de ce fait singulièrement élargie et acquiert une extraordinaire ampleur.

M. le Dr Eug. MAYOR fait une communication sur les *Erysiphées* et présente un catalogue des diverses espèces sur leurs différents supports, récoltées par lui depuis une dizaine d'années dans la Suisse romande et plus spécialement dans la région du Jura vaudois, du canton de Genève et du Jura français (Colombier et Reculet). Ce travail, destiné à compléter la Monographie des Erysiphées de la Suisse, publiée par M. Jaczewski en 1896, mentionne un certain nombre de supports qui ne sont pas indiqués par cet auteur. En outre il a pour but de préciser aussi exactement que possible la liste des différents phanérogames qui peuvent être porteurs de ces parasites, ce point n'ayant pas été suffisamment étudié chez nous et M. Jaczewski indiquant bien souvent les plantes envahies simplement

[1] Voir A. Clebsch : *Leçons sur la géométrie*, t. II, p. 56.

par leur nom de genre, sans spécifier les diverses espèces qui peuvent être attaquées. De plus ce catalogue renferme quelques supports sur lesquels jusqu'à maintenant on n'a pas encore mentionné d'Erysiphe, même dans les travaux les plus récents et en particulier dans la Monographie universelle de M. Salmon parue en 1900. Enfin ce travail est destiné à susciter des recherches analogues dans le reste de la Suisse afin d'arriver à posséder des renseignements aussi précis que possible sur la répartition de cette famille de champignons et à montrer combien notre flore est riche en Erysiphées puisque presque toutes les espèces européennes ont pu être récoltées dans cette petite portion de notre pays et quelques-unes sur un très grand nombre de supports phanérogamiques différents.

La nomenclature adoptée est celle de M. Salomon qui est passablement différente de celle des auteurs antérieurs par le fait que plusieurs espèces ont été fondues en une seule, le résultat final étant de diminuer très sensiblement la totalité des espèces de cette famille.

Le catalogue se termine par l'énumération d'un certain nombre de phanérogames envahis par des Erysiphes, mais dont l'espèce exacte n'a pu être déterminée d'un part par le manque de la forme parfaite ascosporée, d'autre part par ce que sur ces supports il peut se développer deux ou même trois parasites différents et par le fait que quelques-uns de ces hôtes ne sont mentionnés nulle part. Dans ces derniers cas, les spores manquant, il n'a pas été possible de rattacher ces Erysiphes à une espèce plutôt qu'à une autre et la détermination a dû être laissée en suspens jusqu'au moment où on parviendra à mettre la main sur les périthèces, asques et spores. Enfin, pour ceux que la question intéresse, le catalogue indique encore les quelques espèces trouvées en dehors de nos frontières et qu'il sera possible de rencontrer également chez nous. Ces dernières sont d'ailleurs fort peu nombreuses et il est probable qu'avec un peu de persévérance on parviendra à les découvrir un jour où l'autre en Suisse.

Après des indications générales sur son catalogue qui renferme près de 300 phanérogames attaqués, l'auteur,

dans sa communication, passe en revue les espèces les plus connues en agriculture et en horticulture, grâce aux dégâts parfois assez considérables qu'elles commettent. C'est ainsi qu'il parle de l'Erysiphe envahissant les Delphinium cultivés, puis de celle des rosiers si répandue dans tous nos jardins. Il s'arrête plus spécialement à deux espèces très importantes pour l'agriculture, l'Uncinula necator ou Oidium de la vigne, qui fait des ravages si considérables dans nos pays de vignobles et la Sphaerotheca Mors Uvæ ou Oidium des groseillers, espèce américaine importée récemment en Europe et qui heureusement n'a pas encore été introduite chez nous. Ce dernier parasite ne doit pas être confondu avec un autre attaquant également nos groseillers, Microsphæra Grossulariae, qui bien souvent n'est pas remarqué par le fait qu'il ne s'oppose pas sensiblement au développement normal de son hôte.

M. le prof. Spinner présente quelques cas remarquables de tératologie végétale soit :

1° Quelques exemplaires à fleurs doubles de *Galanthus nivalis,* cueillis dans un verger à Cortaillod,

2° Un exemplaire de *Primula officinalis* dont les bractées et les sépales sont par régression redevenus semblables aux feuilles radicales.

3° Quelques exemplaires de *Tulipes* de jardin, une simple et deux doubles (celles-ci fournies par M. Konrad) dont 1 où plusieurs pièces périgonales ont glissé sur la hampe en simulant des feuilles caulinaires.

L'anomalie présentée par Primula officinalis est très rare, puisque M. Spinner ne l'a observée qu'une fois sur 4000 exemplaires examinés. Elle démontre que l'inflorescence n'est qu'un rameau spécialisé.

Chez la tulipe simple un des six pétales est descendu et le périgone n'en conserve que cinq. Chez les Tulipes doubles le contrôle est plus difficile, mais l'apparence pétaloïde des pseudo-feuilles caulinaires indique bien leur origine. Par suite du grand nombre de pièces florales, plusieurs sont restées en route sur la hampe au fur et à mesure du développement du bourgeon floral.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 26 mars 1908.

Morton. Voyages à Ceylan et à Sumatra. — C. Biermann. Influence économique de Lausanne sur la région environnante.

M. Morton donne, avec accompagnement de projections lumineuses, la seconde partie de ses récits de *voyages à Ceylan et à Sumatra* qui sont résumés dans les notes suivantes :

Partis le 28 novembre 1906 en compagnie du D[r] Paul Narbel, nous arrivions déjà le 17 décembre à Colombo, capitale de l'île de Ceylan.

Nous faisons une visite au Musée zoologique, engageons un préparateur et sur le conseil de M. Hagenbeck, le frère du célèbre naturaliste de Hambourg, nous partons tout d'abord pour Kandy, puis pour Anuradhapura. Nous visitons les ruines célèbres et assistons à des fêtes religieuses.

Empêchés de chasser à notre guise, nous allons à Varunyia sur la route de Jaffna, où nous faisons une assez jolie récolte en singes, oiseaux et insectes.

De retour à Kandy nous nous dirigeons vers Nuwara Ellyia à travers les plantations de thé, et séjournons 15 jours à Patipola, soit à 2000 mètres. Les forêts sont remplies d'orchidées en fleurs, mais la faune est plutôt rare. Nous tirons Semnopillicus ursinus, Sciuropherus Hageni, Sciurus macrocirus et parmi les oiseaux : Cissa

ornata, Potamorkinus melanurus, Sitta frontalis, Columba Forringtonial, etc. Nous relevons beaucoup de traces de panthères et d'éléphants.

Le 31 janvier, des chars à bœufs, commandés d'avance à la gare de Haputale, nous mènent en 6 jours à Tissamaharama, l'ancienne résidence des rois de Ceylan.

Sur les nombreux lacs des alentours s'ébattent des milliers d'oiseanx dont nous faisons une véritable hécatombe qui enrichit vite nos collections. Après un séjour de 15 jours dans ce paradis du naturaliste nous reprenons la route de Colombo en suivant le bord de la mer par Hambantotta, Matara et Pointe de Galle où nous nous arrêtons encore quelques jours pour faire une belle excursion sur la rivière Ginganza. Nous quittons Ceylan le 4 mars, passons à Pinarg où nons visitons le jardin botanique et arrivons à Singapore, le port le plus important de l'Orient. C'est une ville de 200,000 habitants dont les $^{2}/_{3}$ sont chinois.

Nous visitons successivement le Musée de Zoologie, le Jardin botanique, les gigantesques réservoirs, les théâtres chinois, Tamils et Malais, les fumeries d'opium.

La *Rance*, petit steamer de 800 tonnes, nous mène en 2 jours à Bellawan, le port le plus important du Deli et dont Médan est la capitale. Notre première étape se fit à Tanjeng Slamat chez M. Philbert, planteur de caoutchouc pour la Deli Matschaffoy.

A notre grand regret nous ne rencontrâmes pas l'orangoutang que l'on nous avait dit s'y trouver encore.

Par contre nous faisons une jolie récolte de Gibbons (Hylobates syndactylus et entilloides), de Semnopithèques et de nombreux oiseaux. Les indigènes nous apportent des reptiles et insectes.

M. Senn, un Zurichois, planteur de tabac nous invite à son tour à Bahsœmbœ où nous sommes admirablement reçus, l'hospitalité des planteurs étant proverbiale.

Nous obtenons le très intéressant Gabapithecus volans, avec des jeunes, et foule d'autres espèces trop longues à citer.

Notre dernière étape chez M. van Roll, un Soleurois, planteur de café, fut encore plus intéressante. Nous trouvons plusieurs villages Battaks, les indigènes des montagnes du centre de Sumatra dont les hommes sont plutôt laids et les femmes souvent jolies. Mon compagnon a la chance de tirer sur la montagne de Sebayak, à 2000 m. d'élévation, un bel exemplaire de la Nemorrhædus sumatrensis, antilope assez rare et particulière à Sumatra.

En peu de jours, grâce aux indigènes, je fis une grande récolte d'insectes de toutes classes.

Le 7 mai nous devons reprendre à Ménan la *Rance* afin de trouver à Singapore le *Prinz Eytel Friedrich* qui nous ramena en Europe avec un riche butin de 1700 espèces et 5000 spécimens.

M. C. Biermann parle de l'*influence économique de Lausanne sur la région environnante:* Au développement de Lausanne en population on peut, à priori, croire que correspond le développement en surface de la *région qui l'alimente*. Pour permettre de mesurer ce rapport, j'ai noté au mois d'octobre 1907 la provenance des légumes, du lait, et des pommes de terre amenés à Lausanne. Ces trois denrées m'ont paru particulièrement en rapport avec le marché de la ville.

J'ai constaté que la *culture maraîchère* était fonction à la fois de la *distance* et de l'*altitude*. D'une part cette culture intensive, presque sans chômage, peut se pratiquer aux abords immédiats d'une ville ou dans la ville même ; d'autre part, elle change de caractère suivant l'altitude et par suite la longueur de la période végétative : culture principale dans les régions basses, accessoire et réservée aux femmes au-dessus de 500 mètres environ. La combinaison des deux facteurs donne lieu à une zone de culture maraîchère assez régulière autour de Lausanne, avec un prolongement important du côté des plaines basses de l'Ouest.

Quant au *lait*, la production n'en est pas affectée par la présence de Lausanne, mais seulement la destination. Un

règlement du 11 juillet 1905 a modifié les conditions d'apport des laits en éliminant généralement les petits laitiers au profit des grands. La fourniture du lait à Lausanne est soumise à des conditions d'heures qui trouvent leur compensation dans le prix de vente plus élevé. Il en résulte l'obligation de faire les transports par chars, mais la capacité de ce *mode de transport* n'est pas indéfinie ; il semble qu'elle n'excède guère le secteur Venoge-route Cossonay-Echallens-forêts du Jorat, aujourd'hui fournisseurs.

Pour les *pommes de terre*, l'imprécision des documents consultés ne permet que cette seule conclusion : des transports de cette denrée par chars se font sur une *distance* de plus de 20 km. ; ils sont importants et réguliers dans un rayon de 15 km.

Séance du 1er avril.

Ch. Sarasin et Collet. La tectonique des Préalpes internes. — A. Jeannet. Contribution à l'étude du Flysch. — Le même. Ammonite nouvelle de l'Albien du Jura. — Amann. Recherches et observations ultramicroscopiques. — F.-A. Forel. Variations de grandeurs des glaciers. H. — Faes et F. Porchet. Etude sur la qualité et la production de quelques cépages rouges.

Le secrétaire lit une note de MM. Sarasin et Collet, en réponse à un récent exposé de M. Lugeon, sur *la tectonique des Préalpes internes*. (Voir ci-dessus, p. 500).

M. Jeannet présente ensuite une contribution à l'étude du Flysch. Il a récolté en octobre 1907, une faunule crétacique dans le Flysch réputé tertiaire de la zone synclinale des Agittes-Petit-Hongrin, bordant au N.-W. la chaîne des Tours d'Aï (Préalpes médianes). Entre les chalets de Crétés et des Joux-Noires, un banc de quelques centimètres d'épaisseur, jaunâtre, marne-calcaire, à intercalatious gréseuses, lui a fourni une *bélemnite*, de petits *gastropodes* et *lamellibranches*, un *polypier* et des *orbitolines* incontestables. Celles-ci se trouvent indistinctement

dans la pâte marneuse et dans les mêmes lits gréseux. La plus grande a 18 mm. de diamètre sur 1 mm. d'épaisseur, les plus petites ont quelques millimètres de diamètre. Toutes les dimensions intermédiaires sont représentées.

Les *orbitolines* apparaissent dans le Barrêmien supérieur, d'après Paquier, et s'éteignent dans le Cénomanien supérieur. La faune indiquée appartiendrait donc au Crétacé moyen. M. le professeur Kilian, qui a examiné ce matériel lors d'une courte visite à Lausanne, était porté à en faire de l'aptien. Il n'a vu alors que les petites orbitolines qui lui paraissaient être *Orbitolina lenticularis Blb.* La présence d'exemplaires de grandes dimensions indique qu'il s'agit d'une autre espèce d'âge plus récent.

M. A. Jeannet signale une *Ammonite nouvelle de l'Albien du Jura.* (Lytoceras sp. aff. Mahadeva Stoliczka.

Les *Lytoceras* de la série des *Fimbriati* disparaissent, en Europe, à la fin du crétacé moyen. Ils sont pendant cette période, fort rares et très dispersés. M. Jeannet a pu constater leur présence dans l'albien du Jura, aux environs de S[te] Croix et de Bellegarde (Ain). L'espèce étudiée est voisine de *Lytoceras Mahadeva* Stol. de l'Ootaturgroup inférieur de l'Inde. Elle en diffère par sa forme générale plus massive, ses tours moins nombreux à croissance plus rapide. Lorsqu'ils sont jeunes, ceux-ci ont une forme ogivale, mais leur section devient très surbaissée à l'âge adulte. Ce fait est encore exagéré dans *Lytoceras nov. sp. Vacek* du Gault supérieur du Voralberg. Il est à peu près certain que ces deux espèces sont identiques.

Les cloisons de ces formes sont du type de celles du *Lytoceras densifimbriatum Uhlig.* Comme caractères spéciaux elles possèdent un lobe siphonal $^1/_2$ - $^1/_3$ plus court que le premier latéral qui est très asymétrique ; le 2[me] lobe latéral et le lobe auxiliaire sont trifides.

L'auteur a récolté *Lytoceras sp. aff. Madadeva Stol.* dans la zône IV à *Hoplites tardefurcatus Leyn sh.* à Noirvaux sous la Vraconne près S[te] Croix. Les échantillons de la

collection Renevier (Musée de Lausanne) proviennent de la zone IV *a* à *Mortoniceras Hugardianum* Orb. de Mussel près Bellegarde (Ain). M. Jeannet l'a aussi constaté dans la zone *a* (Renevier) de la Perte du Rhône.

Il est fait ensuite l'étude du groupe du *Lytoceras densifimbriatum Uhlig* dévirant lui-même de *Lytoceras subfimbriatum Orb.*

Ce rapprochement est basé sur les analogies de la cloison et l'allure générale de la coquille.

Lytoceras sp. aff. Mahadeva Stol. est le dernier représentant de ce groupe en Europe. Il existe une espèce voisine *Lytoceras Belliseptatum Authula* dans l'aptien du Caucase et dans la zone de Clausayes de l'Atlas occidental marocain. Un fragment de *Lytoceras cf. densifimbriatum Uhlig.* a été signalé dans la zone IV du Gault. du S.-E. de la France. Des descendants sont connus en Inde (Ootaturgroup inférieur) au Japon (couches à Orbitolina concava Lamk) et sur la côte pacifique de l'Amérique du Nord (Californie, etc.)

Un tableau joint à cette étude montre la répartition stratigraphique des espèces du groupe du *Lytoceras densifimbriatum Uhlig.*

M. Amann fait une communication intitulée : *Recherches et observations ultramicroscopiques.*

Il passe brièvement en revue les modifications apportées récemment à l'ultramicroscope et les simplifications récentes qui permettent de transformer rapidement le microscope ordinaire en ultramicroscope.

Après avoir expérimenté bon nombre de ces nouveaux appareils. M. Amann a trouvé que celui qui paraissait le plus satisfaisant, au point de vue pratique, était le bon vieux condensateur *paraboloïde de Wenham* (construit par Ross & C° en 1880 déjà), employé avec une source lumineuse très intense (lampe à arc de 6 ampères environ).

Des observations faites au moyen de ce dispositif au laboratoire du Dr Amann il résulte qu'un grand nombre de préparations pharmaceutiques et chimiques employées

en pharmacie représentent des fausses solutions colloïdales à granules ultramiscroscopiques typiques.

C'est le cas entre autres pour la grande majorité, si ce n'est la totalité, des sels doubles organiques et inorganiques du fer : pyrophosphates combinés aux citrates, aux pyrophosphates alcalins, tartrate double, albuminale, etc., etc.

Toutes ces préparations dissoutes dans l'eau et filtrées, fournissent de fausses solutions colloïdales qui sont de très beaux objets ultramicroscopiques.

Les composés analogues du manganèse et du nickel présentent des propriétés semblables.

Le dialysé Golaz de racine de Valériane, qui renferme un ferment manganésifère, représente de même, à l'état frais et actif, une fausse solution à granules ultramicroscopiques.

La connaissance de ces faits est utile au pharmacien et au médecin en tant que les propriétés physiologiques de ces préparations sont sans doute liées à cet état colloïdal.

M. Amann rend compte ensuite de l'application qu'il a faite de l'ultramicroscope à l'étude de certaines réactions chimiques : en particulier la formation du sulfate et du chlorure de cuivre ammoniaca, où l'on assiste à la formation, sous le microscpe, d'une fausse solution colloïdale.

M. F.-A. Forel continue les calculs de 1881 qui cherchaient des rapports entre les faits météorologiques et les *variations de grandeurs des glaciers* (voir ci-dessus, p. 494).

MM. H. Faes et F. Porchet. *Etude sur la qualité et la production de quelques cépages rouges.* M. Porchet rappelle que dans notre vignoble on rencontre surtout deux types de céphales rouges, celui des Pinots fins (Dôle, Salvagnin, Cortaillod) et celui de la Mondeuse (Gros rouge). Le premier type fournit des vins de qualité, mais

malheureusement il est en général peu productif ; le second, au contraire, donne des récoltes plus abondantes, mais de qualité très médiocre.

Il y aurait donc intérêt à trouver un cépage intermédiaire par ses caractères entre les deux groupes indiqués ci-dessus. C'est la raison pour laquelle MM. Faës et Porchet ont suivi depuis 1902 une quinzaine de cépages rouges de la collection ampélographique que la station viticole possède à Mont-Riond, en déterminant, chaque automne, respectivement la quantité et la qualité de production de ces variétés.

M. Porchet extrait quelques chiffres des tableaux où sont consignés les résultats obtenus.

Si on examine le facteur *quantité* tout d'abord, on trouve pour quelques-uns des cépages étudiés les chiffres suivants exprimant les *grammes de raisins produits au cep :*

	1902	1905	1906	1907
Gamay d'Ecully. . . .	200	1100	1100	860
Cortaillod	360	950	1150	475
Gros rouge.	—	1200	1100	510
Limberger	450	1250	1850	450

Quand à la *qualité* voici pour le sucre et l'acidité les résultats d'analyse des moûts des quatre variétés indiquées :

	1902		1905		1906		1907	
	Sucre %	Acidité ‰	Sucre %	Acidité ‰	Sucre %	Acidité ‰	Sucre %	Acidité ‰
Gamay d'Ecully	19.8	14.2	15.4	16.1	19.3	10.4	21.8	13.0
Cortaillod. . .	19.0	15.1	18.8	12.5	18.2	9.6	23.3	11.2
Gros rouge . .	12.8	18.1	14.0	18.5	15.4	9.9	17.5	16.8
Limberger . .	16.0	12.2	16.5	15.1	18.3	6.5	21.7	11.0

Pour se faire une idée du rapport existant entre quantité et qualité de production on peut établir la quantité de sucre produite par un cep en multipliant la quantité de récolte par le sucre qu'elle renferme. On obtient ainsi des chiffres approximatifs, puisqu'on ne tient pas compte du non moût du raisin, mais comparables cependant dans une même année.

Pour les mêmes variétés et années le *sucre au cep en grammes* est de :

	1902	1905	1906	1907
Gamay d'Ecully . .	39.7	168.8	212.4	187.9
Cortaillod	68.6	178.7	209.3	110.6
Gros rouge.	—	167.9	169.8	89.4
Limberger	72.2	206.4	339.0	97.5

Les résultats obtenus montrent que dans les 15 variétés qui ont été étudiées, le Limberger se place en premier plan par ses qualités. Dans les conditions climatiques et agrologiques de la vigne de Mont-Riond il a donné des résultats très intéressants. De bonne production, supérieure même à celle du Gros rouge, il acquiert dans les années à maturation normale, une qualité peu ou pas inférieure à celle des Pinots fins cultivés dans notre vignoble.

Il serait donc intéressant pour notre viticulture de mettre ce cépage en expérience dans le vignoble vaudois, où il est inconnu, pour constater si, dans d'autres sols, il conserve les qualités intéressantes qui ont été mises en lumière par les recherches résumées ci-dessus.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 4 juin 1908.

Ed. Claparède. Enquête sur l'aptitude des enfants au dessin. — Le même. Classification des méthodes psychologiques. — J. Briquet. Les formations végétales des Alpes lémaniennes. — L. Duparc. Les essences de l'absinthe. — L. Duparc, Warynski et Heller. Réduction de l'acide chromique en solution acide. — Th. Tommasina. La constante matière et la variable pondérabilité ensuite des découvertes de Rutherford, Ramsay et Soddy. — Le même. La force centrifuge des points matériels, seule et réelle manière d'être de l'énergie. — Le même. Loi de la transmission du mouvement entre points matériels dans le vide absolu, — Ed. Sarasin et Tommasina. Cause du dédoublement de la courbe de désactivation d'un conducteur recouvert d'une couche diélectrique.

M. Ed. Claparède communique, au nom de M. Ivanoff et au sien, les principaux résultats d'une *Expérience collective sur le dessin des écoliers de la Suisse romande.*

Au mois de décembre 1906, M. Claparède a publié dans le journal *L'Educateur* le plan d'une expérience sur le dessin, en priant les instituteurs de la faire exécuter dans leurs classes. Cette expérience comprenait quatre dessins à faire exécuter aux écoliers. Le premier de ces dessins consistait à *copier* un tabouret; le second à *dessiner de mémoire* un chat; le troisième à *illustrer* la fable du corbeau et du renard; le quatrième était un *dessin libre*. Les instituteurs étaient priés de mentionner sur chaque feuille

le sexe et l'âge du dessinateur, ainsi que son rang à l'école, sa branche la plus forte, sa branche la plus faible et sa caractéristique mentale (intelligent ou non, attentif ou non, doux ou violent, etc.).

Le but de cette expérience était principalement de rechercher s'il existe une corrélation entre l'aptitude au dessin et l'aptitude aux autres branches d'études.

Cette enquête a rapporté près de 10,000 dessins utilisables, provenant de 2500 enfants. Les résultats qui se sont dégagés de l'examen de ces documents sont les suivants :

1. Les garçons dessinent mieux que les filles.

2. Chez les garçons comme chez les filles, le pourcentage des élèves forts en général est plus élevé chez les bons dessinateurs que dans l'ensemble des enfants ; cette différence dans le pourcentage est très forte ; elle ne saurait être attribuée au hasard. Il existe donc une corrélation entre l'aptitude au dessin et l'aptitude générale au travail ; ou, si l'on veut, entre l'aptitude au dessin et l'intelligence.

Voici quelques chiffres : sur 1405 garçons, il y en a 470, soit le 35 °/₀, de forts en général ; tandis que sur les 294 (parmi ces 1405), qui sont bons dessinateurs, on en trouve 135, soit le 46 °/₀, qui sont forts en général. Chez les filles, ces deux pour cent sont respectivement 35 °/₀ pour l'ensemble et 62 °/₀ pour le groupe des bonnes dessinatrices.

Si l'on examine les corrélations entre l'aptitude au dessin et les diverses disciplines spéciales, on constate partout des corrélations très marquées, sauf pour le calcul et l'étude du français, qui ne présentent avec le dessin que des corrélations faibles ou nulles.

La conclusion psychologique qui se dégage de ces résultats, d'ailleurs difficiles à interpréter, est que l'aptitude au dessin est une forme de l'intelligence.

M. Ed. Claparède présente quelques remarques sur la *Classification des méthodes psychologiques*.

Depuis une vingtaine d'années, les méthodes psycholo-

giques se sont beaucoup développées et multipliées, et jamais encore on n'a tenté l'essai de les systématiser, d'en donner un plan d'ensemble.

Une méthode psychologique est définie à la fois par le *processus psychologique immédiat* sur lequel porte l'investigation, et par le *procédé technique* au moyen duquel cette investigation est effectuée.

Les processus psychophysiologiques que l'investigation cherche à déterminer sont au nombre de quatre : 1. Processus de *réception ;* 2. processus de *jugement;* 3. processus d'*exécution;* 4. processus d'*expression.* Quant aux procédés techniques employés, ils se ramènent à six, dont quatre procédés de mesure ou quantitatifs, et deux procédés de description ou qualitatifs. Ce sont : 1. Le procédé *psychophysique*, qui consiste à mesurer la fonction psychique par la grandeur de l'excitant ; 2. le procédé *psychochronométrique*, consistant à mesurer la durée du processus mental ; 3. le procédé *psychodynamique*, dans lequel la mesure consiste dans le travail fourni par le sujet ; et 4. le procédé *psychostatistique*, consistant à mesurer une fonction d'après le nombre des sujets qui la manifestent. Les procédés qualitatifs sont au nombre de deux : l'*introspection* et l'*extrospection.*

Cette classification d'après ce double point de vue comprend 24 groupes distincts, dans lesquels on peut faire rentrer, d'une façon rationnelle, les nombreux procédés que la psychologie a imaginés pour saisir et mesurer les processus mentaux, qui semblent de prime abord se dérober à toute investigation exacte. (Pour le plan détaillé de ces méthodes, voir les *Arch. de Psychologie*, t. VII, nº 28.)

M. J. Briquet. *Les formations végétales des Alpes lémaniennes.*

M. L. Duparc. *Les essences de l'absinthe.*

MM. L. Duparc, T. Warynski et R. Heller. *Sur la réduction de l'acide chromique en milieu acide.*

On a étudié la réductibilité de CrO^3 en présence de HCl

et de SO^4H^2. On a étudié le phénomène dans des conditions variées de température et de concentration.

Voici les résultats de quelques expériences :

1° HCl ne réduit CrO^3 que pour des fortes concentrations en HCl et en CrO^3.

La vitesse de réduction décroît très vite avec la diminution des concentrations.

Ainsi :

Essai A : Température 100°
Concentration de HCl : 5.5 Mol. par litre.
» de CrO^3 : 5 Mol. »

Réduction observée :

Après	1	heure	64.6 %
»	2	»	77.3
»	3	»	85.9
»	4	»	90.1
»	6	»	95.8
»	8	»	98.6

Essai B : Température : 100°
Concentration en HCl : 4.4 Mol. par litre.
» en CrO^3 : 5 Mol. »

Réduction observée :

Après	1	heure	28.6 %
»	2	»	40.0
»	3	»	42.9
»	4	»	55.7
»	8	»	71.5

Essai C : Température : 100°
Concentration en HCl : 3.3 Mol. par litre.
» en CrO^3 : 5 Mol. »

Réduction observée :

Après	1	heure	0
»	5	»	14.5 %
»	8	»	18.9

2° Avec les températures décroissantes, la vitesse de réduction se ralentit très vite.

Ainsi : Concentration en HCl : 5.5 Mol. par litre.
» en CrO^3 : 0.9 Mol. »

Réductions observées		1 heure	2 heures	3 heures	7 heures
Temp. :	100°	43.5 %	51.4	56.3	63.9
»	80°	1.7 %	4.5	8.9	9

3° En présence de SO^4H^2 même concentré, la réduction est très lente.

Ainsi, au bout de 8 heures, une solution 5 Mol. de CrO^3 contenant 5 Mol. de SO^4H^2, à 100°, ne s'est réduite que de 0.5 à 1 %.

4° Le bichromate de K, dans les mêmes conditions, se réduit un peu moins vite que CrO^3.

Ainsi, A : 100°

Conc. de $Cr_2O^7K^2$	0.1 Mol.
» de CrO^3	0.2 Mol.
» de HCl	5.5 Mol.

Réductions observées :

	$Cr_2O^7K^2$	CrO^3
Après 1 heure	60 %	64.6 %
» 2 »	73 %	73.3
» 3 »	81.4	85.9
» 4 »	85.4	95.8
» 8 »	94	98.6

5° En présence de catalysants à froid, on n'a pas observé de réduction. On poursuit actuellement des essais sur l'influence des catalysants à chaud.

M. Th. TOMMASINA. — *La* constante *matière et la* variable *pondérabilité, ensuite des découvertes de Rutherford, Ramsay et Soddy.* — Cinquième Note *sur la physique de la gravitation universelle.*

La récente évolution théorique de la science a amené dans le langage des physiciens, beaucoup de désordre, je dirais même, de l'anarchie, l'on a des mots dont la signification change selon l'auteur qui s'en sert, quelques uns sont de vrais non-sens si on les interprête d'après leur usage scientifique ordinaire. Ainsi, par exemple, qu'est ce

que l'on entend par l'expression *dématérialisation de la matière*. C'est un non-sens, du moment que l'on ne veut pas affirmer que la matière se transforme en un immatériel ou en rien. Pourquoi donc faire usage d'une expression si étrange au lieu de dire simplement que les corps pondérables se transforment en corps ou corpuscules impondérables, ce qui ne signifie nullement immatériels. L'on peut, même, préciser davantage en disant qu'ils se désagrègent en éléments qui ne sont point pondérables parce que leurs masses sont fonction de leurs vitesses. Ce langage, très clair et exact, permet, en outre, de voir déjà dans les corps leurs éléments impondérables retenus par des dynamiques spéciales, dont la rupture d'équilibre permet la dissociation.

Mais il y a là une fausse interprétation du mot matière que l'on a introduit et généralisé en physique et que quelques jeunes philosophes adoptent actuellement avec un résultat désastreux pour la philosophie des sciences. L'on a entendu récemment dans la discussion d'une thèse de doctorat en philosophie à la Sorbonne[1], affirmer et soutenir la nature immatérielle de l'éther. Ce n'est pas correct scientifiquement, mais l'auteur pour se défendre n'aurait eu qu'à citer des savants de premier ordre qui publient des volumes ayant des titres comme « Ether et Matière[2] ». Et pourtant ces savants n'admettent point que l'éther soit immatériel. Il y a donc là un défaut de langage qui doit être corrigé au plus tôt.

Les physiciens considèrent deux catégories de choses matérielles, celle des choses qui sont perçues par nos sens et plus spécialement par le tact, qu'ils appellent matière tout court ou matière ordinaire, et celle des choses dont la matérialité n'est pas perçue directement, comme telle, mais établie théoriquement et par hypothèse, qu'ils appellent éther, électricité, électrons, etc. et dont la

[1] Léon Bloc. — Les origines de la théorie de l'éther et la physique de Newton. Thèse. Paris, 1908.

[2] J. Larmor. — Aether and Matter. Cambridge, 1900.

matière qui les constitue est appelée, par eux, matière première ou matière des philosophes.

Or, les découvertes faites par Rutherford, et par Ramsay et Soddy, qui ont montré les désagrégations et reconstitutions successives, toujours différentes, des émanations radioactives, amenèrent la conclusion que la pondérabilité atomique n'est pas une constante essentielle et que la matière indestructible, qui est la même en tous les corps, est précisément celle de l'éther et de l'électricité, donc celle des philosophes. Matière constituée en dernière analyse par de vrais atomes insécables et indestructibles qui sont en mouvement perpétuel. La matière ordinaire n'existant pas, on ne doit donc point parler de sa *dématérialisation* et pas même de sa désagrégation et dissipation. Dans ces cas il faut dire la désagrégation des corps ou des atomes pondérables ou chimiques, laquelle a lieu lorsque les électrons qui les constituent s'étant libérés vont se recombiner ailleurs pour former d'autres corps plus ou moins stables. C'est le point de vue qui guide actuellement lord Ramsay dans ses recherches d'importance capitale autant pour la physique que pour la chimie.

C'est ainsi que doit être comprise et non autrement la nouvelle théorie électrique de la matière, laquelle ne suppose immatériels ni les corps ni l'éther, mais attribue des propriétés électriques à leurs éléments matériels intégrants. L'étude des phénomènes électriques qui n'allait jusqu'ici pas plus loin des actions intramoléculaires et interatomiques, pénètre désormais jusqu'aux actions intraatomiques.

Or, comme aucune charge électrique ne peut se mettre en mouvement ni le continuer par ses seules forces internes, mais il lui faut l'intervention des champs électrodynamiques qui l'entourent, l'on voit la nécessité de l'action du milieu en tous les phénomènes.

La théorie électrique de la matière vient donc, elle aussi, en appui de la théorie physique de la gravitation universelle, qui relie ce phénomène au mécanisme de propagation des radiations électromagnétiques.

M. Th. Tommasina. — *La force centrifuge des points matériels seule et réelle manière d'être de l'énergie.* — Sixième Note *sur la physique de la gravitation universelle.*

Les phénomènes électriques semblent d'ordre primordial, au point de vue historique, par rapport à l'existence même de la nature, car de phénomènes primaires tels que la lumière, la gravitation universelle et la constitution des atomes en sont. Pourtant, ils ne sauraient fixer la limite de la recherche du physicien. Celui-ci veut établir le comment des choses, aussi loin qu'il est possible. Or, tant qu'il y a un phénomène, il y a forcément le mécanisme qui le produit, il lui faut donc pénétrer ce mécanisme intime, c'est-à-dire aller plus en avant et au delà du phénoméne. Aussi c'est une théorie purement cinéto-énergétique qui est appelée à placer les bornes extrêmes de la physique. Une telle théorie doit nécessairement s'appuyer *sur la notion mécanique des points matériels*, qui nous est fournie par les mathématiciens, mais il nous faut transformer leur abstraction eu une entité réelle en la définissant ainsi :

Le point matériel est le plus petit corps qui existe, le vrai atome physique, absolument insécable, que j'ai appelé *atomuscule* dans ma Note du 20 février pour le distinguer de l'atome pondérable. Le point matériel a un volume, c'est-à-dire trois dimensions réelles, il a une forme limitée par l'espace vide qui l'entoure, mais (*et c'est ici le côté pratique de cette définition*), étant donnée sa petitesse extrême, il nous est permis dans un but de simplification de faire abstraction de tout cela, son volume et sa forme ne jouant aucun rôle dans le fonctionnement que nous lui attribuons. *Nous considérons l'atomuscule comme un point mathématique sans dimensions, mais ayant une masse qui est fonction de la vitesse de son déplacement.* Il est donc le point matériel des mathématiciens, car il est, en effet, un point mathématique mobile traçant une orbite et possédant une masse. Cette masse du point matériel est bien son inertie, car elle est la résistance qu'il présenterait si l'on voudrait arrêter son

déplacement, mais elle est aussi son énergie cinétique, car sa résistance n'est pas autre chose que la tendance qu'il possède pour continuer sa marche et pour entraîner ou pousser ce qui viendrait en contact avec lui. Et celle-ci est la définition de la seule manière d'être vraie de l'énergie mécanique. Nous allons démontrer qu'elle est une force centrifuge.

On considère, aujourd'hui en physique, l'éther et l'électron négatif, comme deux éléments primaires absolument irréductibles et l'on est forcé, même, d'en ajouter un troisième, le ion positif ou particule α. Or, aucun de ces trois éléments n'est primaire, chacun d'eux est un phénomène, c'est-à-dire un mode de mouvement spécial d'une même matière première, dont les seuls éléments qui la constituent sont les points matériels, vrais atomes de l'énergie, car il n'en existe point d'autre, *toute force étant l'effet mécanique d'un déplacement matériel.* La nouvelle théorie de la gravitation accepte comme point de départ le mouvement perpétuel des points matériels, éléments cinéto-énergétiques ou dynamiques, constitutifs, soit des électrons négatifs déplaçables, soit des électrons positifs non déplaçables du milieu électromagnétique des radiations, soit enfin de toutes les formes plus ou moins stables des corps simples et des combinaisons chimiques.

D'après cette théorie, qui n'admet point d'actions à distance, attractives ou répulsives, une attraction ou force centripède est, au contraire, une pression, extérieure au système, qui pousse un corps vers son centre de rotation, ce qui oblige à supposer une multiplicité infinie de systèmes agissants les uns sur les autres perpétuellement. Aussi la force centripède n'est pas autre chose que la résultante des forces centrifuges des systèmes extérieurs qui entourent complètement le système considéré. Ce qui signifie qu'il n'y a en réalité que des forces centrifuges. Il est alors nécessaire d'établir la nature et l'origine de ces forces, qui sont une tendance à s'éloigner du centre de rotation. Pour expliquer cette tendance, ramenons le corps près de son centre de rotation, supposons qu'il soit

seul, privé des pressions dues aux systèmes extérieurs, il s'éloignera en ligne droite du point qui était son centre orbitaire. La force centrifuge est donc le mouvement primordial, fait inexplicable, mais unique.

Ce déplacement sans actions extérieures n'est certes pas celui des astres, ni des atomes, ni des électrons, mais il est celui des points matériels, dont l'énergie étant fonction de la vitesse, montre que cette propriété n'est pas exclusive de l'électron, mais qu'elle est fondamentale et *permet de conclure qu'en dernière analyse la seule vraie manière d'être de l'énergie est la force centrifuge des points matériels ou atomes physiques.*

M. Th. Tommasina. — *Loi de la transmission du mouvement entre points matériels dans le vide absolu.* — Septième Note *sur la physique de la gravitation universelle.*

Dans ma précédente Note j'ai placé comme fondement de la physique une théorie purement cinéto-énergétique appuyée sur la notion des points matériels qu'il faut considérer comme des entités physiques vraies et admettre comme les éléments ultimes de tout ce qui existe. Chaque corps et en général chaque phénomène n'est en dernière analyse qu'un agglomérat de mouvements de points matériels. Or, comme ces mouvements ont lieu nécessairement dans le vide absolu, il faut tâcher d'établir les lois physiques de la transmission de l'énergie par le mouvement dans le vide qui n'est que de l'espace sans aucune activité propre d'action ou de réaction sur le déplacement oscillatoire perpétuel et extrêmement rapide des points matériels.

Si l'on se porte par la pensée dans un tel milieu, on reconnait facilement une loi qui peut être formulée ainsi : *Dans le vide absolu la modification d'un mouvement ne commence qu'à l'instant même où la pression modifiante s'exerce par contact absolu.*

En effet, entre points matériels la pression n'a lieu que par contact et pendant le contact, rien n'agit avant et rien n'agit non plus après. Cela étant, la nature de cette pression

se montre comme un simple accroissement de vitesse, telle elle est dans le transporteur, telle elle est encore dans le récepteur qui devient à son tour transporteur et ainsi de suite. Or, pour que cette accélération soit une pression, c'est-à-dire de l'énergie, il faut que la masse du point matériel soit fonction de sa vitesse. Ce qui montre que déjà dans la théorie cinéto-énergétique fondamentale la vitesse est créatrice de la masse.

Si les choses se passent selon cette loi et si, en dernière analyse, tout mouvement a lieu dans le vide absolu, qui ne présente aucune résistance, comment peut-on expliquer la vitesse non infinie et l'amortissement des radiations ?

La vitesse des radiations ne peut pas être infinie pour deux raisons, premièrement parce que chaque contact successif entre points matériels a une durée, deuxièmement parce que entre chaque contact se passe également un temps très court mais dont il faut tenir compte. Quant à l'amortissement il est dû aux subdivisions successives de la pression sur un nombre de plus en plus grand de points matériels, distribués sur des sphères concentriques ayant comme centre l'origine de la pression. A propos de la vitesse l'on peut ajouter que pour qu'elle fut infinie, il faudrait que tous les points matériels fussent immobiles et en contact entre eux, ce qui est inadmissible, car alors aucun déplacement ne pourrait plus avoir lieu, il n'y aurait ni vibrations transversales ni ondulations lumineuses.

Cette même loi de la transmission du mouvement entre points matériels, montre que l'une des pressions mécaniques quelconques que la physique expérimentale étudie et mesure est le résultat d'innombrables chocs ou pressions élémentaires simultanées qui durent un certain temps, et qui se répètent toutes ensemble, successivement, un certain nombre de fois par seconde. La valeur mécanique d'une pression est égale à la somme des pressions simultanées des points matériels multipliée par le nombre des répétitions qui se succèdent dans une seconde.

Il est donc possible d'établir une unité de pression ou d'énergie mécanique s'appuyant directement sur la cinématique ou la dynamique des points matériels.

M. Ed. Sarasin décrit une expérience que M. Tommasina et lui ont été amenés à faire pour déterminer la *véritable cause du dédoublement de la courbe de désactivation des conducteurs recouverts d'une couche diélectrique et radioactivés avec charge.*

Au lieu d'opérer sur des fils métalliques isolés, par une couche de caoutchouc ou de paraffine, disposés en spirale, après radioactivation, autour du cylindre de dispersion de l'électroscope d'Elster et Geitel, comme dans leurs précédentes expériences, ils ont pris pour conducteur isolé radioactivé le cylindre même de l'électroscope, enduit pour cela sur toute sa surface d'une couche de paraffine de $^1/_2$ mm. d'épaisseur.

Le corps disperseur même, ainsi préparé, est suspendu à un crochet isolé au sommet du cylindre de laiton contenant le sel de radium, puis relié au pôle positif ou négatif d'une pile Zamboni donnant 3000 volts.

Après 1 heure dans le cas d'activation avec charge négative, après 3-5 heures en cas d'une charge positive, qui agit beaucoup plus lentement et plus faiblement, on enlève la charge, on retire le cylindre et on le met en place sur l'électroscope.

A ce moment, les deux feuilles d'aluminium s'écartent violemment, se déchargent aux bornes, s'écartent de nouveau, se déchargent encore, ainsi de suite, avec une allure toujours moins rapide, jusqu'à ce qu'on puisse faire facilement la lecture du déplacement des feuilles d'aluminium le long de la graduation de l'appareil. Au lieu de donner une charge à l'électroscope, on n'a qu'à lui en enlever une portion suffisante pour ramener l'écart des feuilles d'aluminium à 10 divisions par exemple de chaque côté, et on mesure de combien il augmente en $^1/_2$ min., 1 min. ou 2 min. On obtient ainsi des séries de lectures décroissantes comme celle-ci :

Temps	3 h 40 m	3 h 43 m	3 h 47 m	3 h 50 m	3 h 56 m	3 h 59 m	4 h 5 m	4 h 7 m 30 s	4 h 12 m 30 s	4 h 15 m 30 s	4 h 51 m
Charges + en 2 minutes	49,9 volts	46,2 volts	41,6 volts	38,9 volts	38,5 volts	37,1 volts	35,8 volts	34,9 volts	33,1 volts	31,0 volts	15,8 volts

L'activatation avec charge négative étant plus forte, avec une durée de 45 minutes seulement, on a eu les séries de charges négatives suivantes :

	h m	h m s	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m
Temps	4 32	4 35 30	4 38	4 41	4 45	4 48	4 58	5 1	5 32
	volts	volts	volts	volts	volts	volts	volts	volts	volts
Charges en 2 minutes	62,9	56,4	55,6	50,8	48,8	46.7	38,9	36,7	16,8

Cette charge automatique de l'électroscope est toujours de même nom que celle qui a été donnée à son corps disperseur pour le radioactiver.

Lorsqu'on donne à l'électroscope une charge de sens opposé, il se décharge au contraire rapidement par l'effet de la désactivation. Quant à la charge automatique, elle s'explique par des faits déjà connus[1] : 1° la ionisation de la paraffine par les rayons du radium ; 2° l'absorption par la paraffine de la charge donnée au corps disperseur pour sa radioactivation. Cette charge absorbée dans la masse du diélectrique s'écoule sur la surface métallique du cylindre de dispersion, grâce à la conductibilité que cette couche isolante a acquise par ionisation.

Cette double cause que l'on voit en jeu dans cette expérience, est aussi celle qui détermine le phénomène du dédoublement de la courbe de désactivation d'un conducteur recouvert d'une couche isolante, tel que l'ont décrit et étudié MM. Sarasin et Tommasina.

Cette expérience confirme en outre le fait reconnu précédemment par les auteurs à savoir que l'intervention d'une charge positive augmente considérablement l'intensité de l'activation, ainsi que M. Rutherford l'a découvert pour la charge négative, toutefois beaucoup plus lentement et plus faiblement que cette dernière.

[1] H. Becquerel. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, séance du 18 mai 1903.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

CHIMIE

Analyse des travaux de chimie faits en Suisse.

St VON KOSTANECKI, V. LAMPE ET CH. MARSCHALK. SYNTHÈSES DE LEUCO-COUMARANE-CÉTONES (*Berichte d. Deutsch. chem. Ges.*, t. 40, 1907, p. 3660 ; Berne, Laboratoire de l'Université).

La *p-benzoyl-coumarane*

$$C^6H^5CO\text{-}C_6H_3\langle{}^{O}_{}\rangle \quad \begin{matrix} CH^2 \\ CH^2 \end{matrix}$$

présente un intérêt particulier en ce sens que son dérivé « leuco » constitue peut-être la substance mère de la catéchine. Les auteurs rendent compte des recherches qu'ils ont faites pour préparer ce produit, ce qui leur a donné l'occasion d'étudier, sans atteindre immédiatement leur but, un certain nombre de dérivés du p-benzoylphénol.

Ils ont eu un meilleur résultat dans ce sens en étudiant l'action des chlorures d'acides aromatiques sur la coumarane. On pouvait en effet supposer, d'après le caractère de cette substance, que les chlorures en question réagiraient avec elle ; d'autre part, sachant que dans les éthers phénoliques le résidu acide entre toujours en position « para » relativement au groupe « alkyloxy », on pouvait supposer que les cétones coumaraniques ainsi obtenues seraient par exemple la *p-benzoylcoumarane*, la *p-vératroylcoumarane*, la *p-triméthylgalloylcoumarane*.

Quoique la preuve ne soit pas encore faite qu'il en est bien ainsi et exige encore beaucoup de recherches, si la supposition est exacte, les *cétones leucocoumaraniques* déri-

vées des composés ci-dessus et que les auteurs décrivent dans leur mémoire, seraient les *premières catéchines synthétiques.*

Par analogie, les auteurs ont fait aussi réagir l'un des chlorures d'acide, le chlorure de vératroyle sur la *chromane*, et ont obtenu la *2-vératroylchromane*, dont ils ont étudié aussi le dérivé leuco.

E. GRANDMOUGIN ET J.-R. GUISAN. RÉDUCTION DES ACIDES AZOSALICYLIQUES O-NITRÉS AU MOYEN DE L'HYDROSULFITE DE SOUDE (*Ber. d. D. chem. Ges.*, t. 40, 1907, p. 4205; Zurich, Polytechnicum).

Dans une précédente communication[1], les auteurs ont montré que la réduction des composés o-nitroazoïques au moyen de l'hydrosulfite de soude ne conduit pas à la scission normale, mais qu'il se forme, par exemple dans la réduction de l'o-nitrobenzèneazophénol en solution alcoolique et très nettement, l'*oxyde de p oxyphénylazimidobenzène.*

La suite des recherches faites avec d'autres dérivés o-nitroazoïques a montré que la réaction ne se passait pas toujours exactement de la même manière.

En étudiant à ce point de vue les acides azosalicyliques o-nitrés, les auteurs ont constaté dans les deux cas expérimentés la formation directe de *dérivés triazoliques*; il faut ajouter que la réaction a été faite en solution alcaline, au lieu de la solution alcoolique dont il est question ci-dessus.

Les auteurs ont donc obtenu, en partant de l'acide o-nitrotoluène-azo salicylique préparé par deux procédés différents, l'*acide p-oxyphényl-toluylènetriazolcarbonique*

$$CH^3.C^6H^3\left\langle \begin{matrix} N \\ | \\ N \end{matrix} \right\rangle N.C^6H^3 \left\langle \begin{matrix} OH \\ COOH \end{matrix} \right.$$

[1] *Arch. Sc. phys. et nat*, t. 23, 1907, p. 102.

sous la forme d'aiguilles blanches et fines F. 276° et, en partant de l'acide o-nitrobenzène-azosalicylique, l'*acide p-oxyphényle-phène-triazolcarbonique.*

H. Leemann et E. Grandmougin. Sur le pentanitro-2-4-2′-4′6′-azobenzène (*Ber. d. D. Chem. Ges.*, t. 41, p. 1306; Zurich, Polytechnicum.)

Le *pentanitro-2-4-2′-4′-6′-azobenzène,* qui est en aiguilles orange, F. 213°, a été préparé par oxydation au moyen du peroxyde de plomb du dérivé hydrazoïque correspondant, que l'on obtient lui-même en chauffant le chlorure de picryle avec la dinitro-2-4-phénylhydrazine avec un peu d'alcool, pendant deux heures, à 110-120°.

L'aniline réagit sur le pentanitroazobenzène pour donner la *N-dinitroanilino-dinitro-dihydrophénazine;* une molécule seulement de l'amine entre donc en réaction. Cette phénazine est en feuillets bleus à reflet cuivré; elle est soluble à froid en violet bleu et à chaud en rouge dans le benzène, l'acétone, etc., soluble dans l'acide sulfurique conc. en vert olive. La substance mère du groupe auquel appartient cette phénazine doit être la *dinitro-dihydrophénazine*

NH NO^2

NO^2

NH

signalée déjà par Kehrmann et Messinger, qui, à la connaissance des auteurs, ne l'ont cependant pas décrite. Elle a été préparée en chauffant rapidement la picryl-o-phénylène-diamine à 200-205° après l'avoir mélangée avec du naphtalène. Cette dinitrodihydrophénazine est en feuillet à reflet cuivré; ses solutions sont violet bleu à froid, violet rouge à chaud, sa solution dans l'acide sulfurique conc. est vert olive.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

JUIN 1908

Le 1er, rosée le matin.
2, rosée le matin; orages dans la soirée.
3, orages avec pluie depuis 3 h. du soir.
4, orage à 10 h. du soir.
5, fortes averses dans la nuit; pluie à 9 h. et 10 h. du soir.
6, orage à 1 h. 30 m. du soir.
7, pluie dans la nuit et très forte bise pendant tout le jour.
8, très forte bise jusqu'à 4 h. du soir.
les 10, 11 et 12, rosée le matin.
le 14, fort orage et averse à 3 h. du soir.
15, fœhn de midi à 6 h. du soir.
16, rosée le matin; orage et forte averse depuis 5 h. du soir.
17, pluie dans la nuit.
les 18 et 19, rosée le matin.
le 20, pluie dans la nuit, à 7 h. du matin, à 4 h., à 6 h. et à 10 h. du soir; orages l'après-midi.
21 orage depuis 5 h. du soir.
22, pluie dans la nuit et depuis 5 h. du soir.
23, pluie pendant la plus grande partie de la journée.
26, rosée le matin,
27, rosée le matin.
28, éclairs dans la soirée.
29, faible rosée le matin; orage et pluie depuis 8 h. du soir.

GENÈVE — JUIN 1908

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.											mm.	
1	27.8	25.9	27.3	27.94	+ 0.75	25.3	27.8	WNW 0	N. 1	NNW. 1	N. 1	4.2	1	2	4	3	10.4	....	....
2	28.4	27.4	27.7	27.61	+ 1.28	26.5	28.4	NW. 0	N. 1	W. 0	var.	2.3	1	9	7	4	6.9	....	....
3	28.4	27.7	29.3	28.48	+ 2.10	27.0	29.4	E. 0	N. 1	SE. 1	var.	4.2	1	5	6	5	6.6	1.8	1
4	29.3	28.3	28.8	28.46	+ 2.04	27.0	29.4	SE. 0	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	4.4	0	1	8	3	12.4	5.3	2
5	26.1	24.3	23.8	24.91	- 1.55	22.4	27.4	S. 0	E. 0	WSW 1	var.	3.5	2	8	10	8	3.9	2.5	1
6	21.9	20.2	23.0	21.94	- 4.56	20.2	23.6	S. 0	WNW 1	N. 1	var.	8.5	4	8	10	7	6.1	2.3	2
7	23.3	24.5	26.4	24.38	- 2.16	23.0	26.6	NNE. 2	NNE. 3	NNE. 2	NNE. 2	**21.3**	2	3	7	2	0.9	....	....
8	27.4	27.8	30.1	27.90	+ 1.32	26.1	30.4	NNE. 2	NNE. 2	NW. 1	NNE. 2	15.8	7	9	10	8	3.0	....	....
9	31.3	31.9	33.8	31.75	+ 5.13	30.2	33.8	WNW 0	N. 1	NNE. 1	NNE. 1	7.1	2	7	2	4	7.4	....	....
10	34.3	33.6	33.2	**33.52**	+ **6.86**	32.3	**34.3**	NNW. 0	N. 1	NNE. 1	NNE. 1	6.1	0	3	0	1	12.0	....	....
11	33.5	32.0	31.3	32.21	+ 5.51	30.7	33.6	WNW 0	NNE. 1	NNE. 0	var.	3.6	0	1	2	1	10.5	....	....
12	31.5	29.9	29.7	30.39	+ 3.65	28.9	31.5	NW. 0	SSW. 1	SSW. 1	SSW. 1	4.3	0	3	3	2	10.7	....	....
13	29.8	29.0	28.5	29.04	+ 2.26	27.9	29.8	W. 0	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 1	8.0	5	9	3	5	7.8	....	....
14	28.4	26.8	29.1	28.27	+ 1.46	26.4	29.3	W. 1	SSW. 2	WNW 1	var.	6.6	2	2	1	4	9.0	10.5	2
15	29.3	27.8	26.5	27.88	+ 1.03	26.0	29.4	NNW. 1	SSW. 1	SSW. 0	var.	3.5	5	4	8	6	11.6	....	....
16	25.8	23.4	22.5	24.19	- 2.70	21.8	26.6	NE. 1	N. 1	NE. 1	var.	4.6	2	3	7	4	10.7	6.7	1
17	23.4	23.6	24.6	23.74	- 3.18	22.8	26.9	NW. 0	SSW. 1	S. 1	var.	6.3	5	5	6	5	6.9	....	....
18	27.0	25.4	23.0	25.19	- 1.77	22.4	27.0	N. 1	N. 1	N. 1	N. 1	5.9	1	1	1	2	10.5	....	....
19	21.4	19.8	18.9	**20.42**	- **6.57**	**18.3**	22.6	W. 1	N. 1	SW. 1	var.	5.0	6	4	2	6	6.9	8.1	3
20	22.3	22.6	23.9	22.21	- 4.82	20.2	24.5	E. 1	N. 1	SW. 1	var.	9.4	10	1	10	7	6.0	10.8	4
21	25.0	24.2	26.4	24.73	- 2.33	23.9	26.5	NNE. 1	N. 1	WSW 1	var.	6.7	7	5	9	7	8.6	0.2	1
22	27.5	26.7	28.7	27.37	+ 0.28	26.5	28.7	W. 1	WSW. 1	N. 1	var.	4.9	10	9	10	9	2.5	8.5	14
23	28.2	28.4	29.7	28.62	+ 1.50	28.1	29.7	NNE. 1	WNW. 0	N. 0	calme	0.4	10	10	10	10	....	**22.9**	**19**
24	29.6	28.8	28.7	28.96	+ 1.80	27.9	29.6	N. 0	NNW. 1	N. 0	N. 1	4.0	10	8	3	7	5.2	....	....
25	28.5	28.0	27.9	28.21	+ 1.02	27.4	28.9	NW. 0	NNW. 1	N. 1	N. 1	5.5	9	2	2	3	9.1	....	....
26	29.4	29.4	30.1	29.27	+ 2.05	28.3	30.5	NNW. 0	N. 1	WNW. 0	var.	5.4	1	2	2	2	10.9	....	....
27	31.3	30.5	29.8	30.44	+ 3.19	29.2	31.4	N. 1	N. 1	S. 0	N. 1	5.4	0	1	0	0	**12.5**	....	....
28	30.1	28.7	28.9	29.14	+ 1.86	27.8	30.1	N. 1	N. 1	N. 1	N. 1	6.3	2	1	6	1	12.0	....	....
29	29.3	29.1	31.2	29.18	+ 1.88	28.2	31.2	NW. 0	N. 1	W. 1	var.	5.9	1	1	10	4	10.8	1.6	1
30	30.8	30.1	31.0	30.45	+ 3.12	29.8	31.1	NW. 0	N. 1	N. 1	N. 1	4.4	2	4	2	6	9.6	....	....
Mois	28.00	27.19	27.79	27.53	+ 0.34							6.09	3.6	4.4	5.4	4.5	241.4	81.2	51

GENÈVE — JUIN 1908

Jour du mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Écart avec la normale	Température Min.	Température Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	Fraction de Saturation 1 h.	Fraction de Saturation 9 h.	Fraction de Saturation Moyenne 8 Obs.	Fraction de Saturation Écart av. la norm.	Fraction de Saturation Min.	Fraction de Saturation Max.	Tempér. du Rhône Midi	Tempér. du Rhône Écart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+17.5	+23.7	+19.4	+19.69	+ 4.35	+12.8	+26.8	78	39	72	60	-10	25	82	13.3	- 0.4	1425
2	15.4	24.1	21.8	20 14	+ 4.68	12.7	27.6	83	53	70	68	- 2	29	90	13.0	- 0.8	1395
3	20.0	23.8	16 8	19 71	+ 4.13	15.0	25.2	77	56	81	74	+ 4	48	90	15.2	+ 1.2	1400
4	16.3	22.8	21.5	18.39	+ 2.69	11.3	25.3	80	42	61	66	- 4	33	93	14.4	+ 0.3	1450
5	17.7	26.5	20.7	20.64	+ 4.82	13.8	28.2	74	44	67	63	- 7	29	90	13.9	- 0.2	1440
6	17 6	23.5	12.2	16.70	+ 0 76	10.9	25.5	73	47	83	69	- 1	34	92	11.6	- 2.7	1450
7	11.4	13.4	11.3	**12.12**	- 3.94	9.9	15.0	61	51	66	60	-10	46	84	....	.....	1510
8	10.9	15.1	12.8	12.48	- 3.69	9.0	15.5	65	51	66	62	- 8	45	75	13.5	- 1.0	1485
9	13.0	16.7	14.0	13.92	- 2.36	7.8	18.6	73	47	58	62	- 8	34	89	14.0	- 0.6	1465
10	12.5	19.3	15.8	14.60	- 1.79	**7.0**	20.5	72	46	62	65	- 5	33	88	14.1	- 0.7	1435
11	13.9	19.7	17.7	16.35	- 0.15	8.8	22.8	73	50	63	63	- 7	26	91	14.6	- 0.3	1410
12	15.5	25.7	20.9	19.36	+ 2.75	10.6	27.5	73	33	50	58	-12	21	90	15.7	+ 0.7	1400
13	19.1	26.4	21.8	**22.24**	+ **5.53**	15.6	27.5	56	25	49	**42**	**-28**	21	63	15.4	+ 0.3	1420
14	20.3	29.0	17.8	20.74	+ 3.92	16.0	**30.5**	55	24	80	59	-11	22	93	....	.....	1415
15	17.7	27.2	22.4	20.75	+ 3.83	14 0	29.5	80	35	58	66	- 4	**20**	92	13.0	- 2.3	1378
16	17.3	25.3	19.8	20.68	+ 3.66	15.8	30.0	72	47	80	67	- 3	24	88	16 3	+ 0.9	1410
17	17.1	24.4	19.8	20.09	+ 2.98	15.0	26.0	81	42	63	66	- 4	30	90	14.8	- 0.7	1440
18	17.6	22.0	21.0	19.71	+ 2.50	14.8	25.3	80	48	75	69	- 1	36	88	16.3	+ 0.7	1447
19	18.7	27.5	19.6	21.08	+ 3.78	14.6	28.8	83	35	79	68	- 2	25	92	18.5	+ 2.8	1490
20	8.7	14.2	13.2	13.16	- **4.23**	8.0	18.4	89	67	82	76	+ 6	44	94	13 0	- 2.9	1490
21	13.7	18.6	12.4	14.40	- 3.08	10.3	20.2	82	51	86	75	+ 5	40	94	....	.....	1535
22	12.7	20.3	13.7	15.12	- 2.45	11.2	21.9	83	53	91	76	+ 6	45	94	13.0	- 3.0	1560
23	12.9	14.7	13.9	13.73	- 3.92	12.0	15.5	95	93	97	**94**	**+24**	84	99	13.6	- 2.6	1560
24	14.8	20.2	17.4	17.23	- 0.50	13.0	21.2	93	66	84	81	+11	58	100	14.5	- 1.8	1562
25	17.0	22.7	18.9	18.82	+ 1.01	13.4	23.6	86	59	75	74	+ 5	45	90	14.8	- 1.6	1563
26	17.8	22.9	20.0	19.51	+ 1.63	13.8	24.5	64	55	72	66	- 3	41	87	17.0	+ 0.5	1555
27	18.0	22.8	21.0	19.86	+ 1.90	13.4	25.6	70	53	65	65	- 4	31	90	17.3	+ 0.8	1557
28	18.5	23.5	20.0	19.99	+ 1.96	15.4	24.4	77	62	70	71	+ 2	48	88	....	.....	1545
29	18.5	22.6	19.2	20.09	+ 2.00	14.8	25.5	67	57	79	67	- 2	50	85	18.8	+ 2.1	1567
30	+18.5	+25.1	+20.0	+20.15	+ 1.99	+15.0	+27.0	75	56	78	70	+ 1	49	80	18.7	+ 1.9	1570
Mois	+15.99	+22.12	+17.89	+18.05	+ 1.24	+12.52	+ 24.13	76	50	72	67	- 3			14.93	- 0.41	1461

MOYENNES DE GENÈVE. — JUIN 1908

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	27.72	27.58	27.82	27.76	27.17	26.90	27.52	28.32	27.60
2e »	27.07	26.97	27.23	26.88	26.03	25.29	25.38	25.98	26.35
3e »	28.65	28.70	28.95	28.79	28.39	28.04	28.39	29.20	28.64
Mois	27.81	27.75	28.00	27.81	27.19	26.74	27.10	27.83	27.53

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+14.05	+11.89	+15.13	+18.56	+20.89	+20.40	+18.11	+15.68	+16.84
2e »	16.17	14.11	16.59	20.55	24.14	24.18	21.13	18.39	19.42
3e »	14.81	13.87	16.24	18.87	21.34	21.39	19.55	17.05	17.89
Mois	+15.01	+13.29	+15.99	+19.33	+22.12	+21.99	+19.60	+17.04	+18.05

Fraction de saturation en %.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
1re décade	75	83	74	57	48	51	63	71	65
2e »	74	80	74	58	41	46	62	73	63
3e »	85	87	79	67	61	60	71	82	74
Mois	78	83	76	60	50	52	65	75	67

Dans ce mois l'air a été calme 161 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{98}{19} = 5.16$.

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

		mm
Pression atmosphérique		27.66
Nébulosité		4.5
Température	$\frac{7+1+9}{3}$	+18°.67
	$\frac{7+1+2\times 9}{4}$	+18°.47
Fraction de saturation		66 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér.	(1836-1875)	27.19
Nébulosité	(1847-1875).	5.4
Hauteur de pluie	(1826-1875).	76mm.0
Nombre de jours de pluie.	(id.).	11
Température moyenne	(id.).	+16°.81
Fraction de saturat.	(1849-1875)	70 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	73.9	74.0	82.4	86.0	80.0	89.3	79.5

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	69.8	81.2	87.0	69.9	72.7	63.7

Insolation à Jussy : **241h.2**.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE JUIN 1908

Le 1er, vent violent l'après-midi.
2, éclairs à 10 h. du soir.
6, pluie et neige.
7, brouillard l'après-midi, pluie et neige.
8, pluie et neige le soir.
9, brouillard le matin et le soir.
10, brouillard le soir.
16, brouillard le matin, pluie le soir, très fort vent l'après-midi.
17, pluie le matin ; brouillard le soir.
18, vent violent et brouillard le soir ; pluie.
19, très fort vent, brouillard et pluie.
20, violente bise de 5 à 7 h. du matin ; vent violent à 1 h. du soir : neige.
21, neige et pluie à 1 h. du soir.
22, brouillard et neige fondante.
23, neige le matin, brouillard le soir.
24, brouillard le matin et le soir.
les 25, 26 et 27, brouillard le soir.
28 et 29, pluie.
le 28, éclairs à 9 h. 30 du soir.

GRAND SAINT-BERNARD — JUIN 1908

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Écart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	71.3	70.5	71.0	70.9	+ 5.2	70.3	71.5	SW. 1	SW. 4	SW. 3	SW. 3	0	1	2	1	....	....
2	70.8	70.8	70.9	70.8	+ 5.0	70.5	71.0	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	4	2	2	....	....
3	71.2	71.2	71.8	71.4	+ 5.5	71.1	72.0	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	5	2	2	....	....
4	71.9	72.1	72.4	72.1	+ **6.2**	71.8	72.5	NE. 1	SW. 1	NE. 1	NE. 1	0	4	10	5	7.0	....
5	69.3	68.6	67.7	68.5	+ 2.5	65.5	70.4	SW 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	3	8	9	7	....	....
6	64.0	63.4	61.3	62.9	− 3.2	61.0	64.9	NE. 1	SW. 2	NE. 1	NE. 1	0	9	10	6	13.0	**4**
7	60.1	61.0	62.7	**61.3**	− 4.9	**59.9**	63.1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	3.7	1
8	63.9	64.8	66.1	64.9	− 1.4	63.8	66.7	SW. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	9	10	10	10	**24.1**	3
9	67.3	68.8	70.5	68.9	+ 2.5	67.1	70.7	NE. 2	NE. 2	NE. 1	NE. 2	10	5	10	8	....	....
10	70.8	70.6	71.5	70.9	+ 4.5	70.4	71.6	NE. 1	NE. 1	NE 1	NE. 1	0	2	10	4	....	....
11	71.4	71.6	72.0	71.7	+ 5.2	71.2	72.3	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	5	3	3	....	....
12	71.5	71.7	72.0	71.7	+ 5.1	71.3	72.1	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	0	6	1	2	....	....
13	71.6	71.5	71.4	71.5	+ 4.8	71.3	71.8	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	2	9	2	4	....	....
14	71.1	71.3	71.3	71.2	+ 4.5	71.0	71.4	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	2	2	4	3	....	....
15	71.1	71.0	70.5	70.9	+ 4.1	70.0	71.3	NE. 1	SW. 1	NE. 0	var.	0	1	0	0	....	....
16	69.8	69.0	67.5	68.8	+ 1.9	66.9	70.1	SW. 1	SW. 2	SW. 3	SW. 2	10	5	10	8	23.0	....
17	65.5	66.8	68.0	66.8	− 0.2	65.3	68.5	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	10	8	10	9	12.6	....
18	69.1	69.4	68.9	69.1	+ 2.1	68.7	69.4	SW. 1	SW. 1	SW. 4	SW. 2	10	2	10	7	5.2	....
19	68.3	67.3	64.8	66.8	− 0.3	63.7	68.5	SW. 3	SW. 3	SW. 2	SW. 3	10	10	10	10	16.5	....
20	60.3	62.0	63.4	61.9	− **5.3**	60.0	63.6	SW. 1	SW. 3	SW. 1	SW. 2	10	10	10	10	3.2	1
21	63.8	64.8	65.6	64.7	− 2.5	63.4	65.8	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	8	10	10	9	5.0	2
22	65.8	66.3	66.8	66.3	− 1.0	65.4	66.9	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	9	10	10	10	9.5	....
23	66.4	67.2	68.2	67.3	− 0.1	66.2	68.7	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE 1	10	10	10	10	....	....
24	68.5	69.1	69.5	69.0	+ 1.6	68.4	69.6	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	7	10	9	....	....
25	69.1	69.7	70.1	69.6	+ 2.1	69.0	70.2	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	2	3	3	3	....	....
26	70.5	71.0	72.0	71.2	+ 3.6	70.3	72.1	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	1	4	2	2	....	....
27	72.3	72.7	72.5	72.5	+ 4.9	72.0	73.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	2	1	....	....
28	71.6	71.4	72.2	71.7	+ 4.0	71.2	72.4	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	3	9	4	1.6	....
29	71.5	72.0	72.8	72.1	+ 4.4	71.3	73.0	SW. 1	NE. 1	NE. 0	var.	0	10	2	4	13.0	....
30	72.5	72.8	73.7	**73.0**	+ 5.2	72.4	**74.0**	NE. 1	NE. 2	NE. 2	NE. 2	0	5	4	3	....	....
Mois	68.74	69.01	69.30	69.01	+ 1.90							4.2	5.9	6.6	5.6	137.4	11

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	+ 5.8	+ 6.5	+ 5.1	+ 5.8	+ 3.1	+ 4.0	+ 7.5	40	68	68	59	35	75
2	4.8	11.3	6.4	7.5	+ 4.7	3.2	12.2	65	42	76	61	40	81
3	7.6	10.7	5.4	7.9	+ 5.0	5.0	**15.4**	87	56	87	77	33	90
4	7.0	12.0	5.7	8.2	+ **5.2**	5.6	14.8	73	57	78	69	42	87
5	5.8	9.6	5.1	6.8	+ 3.7	4.5	11.0	70	56	82	69	48	88
6	+ 7.4	+ 7.0	+ 0.3	+ 4.9	+ 1.7	+ 0.2	9.2	60	37	100	66	30	100
7	− 1.8	− 0.7	− 2.6	− **1.7**	− **5.0**	− 2.6	0.8	100	100	100	100	98	100
8	− 0.2	+ 1.2	− 2.0	− 0.3	− 3.7	− 2.8	1.7	100	88	100	96	76	100
9	− 2.6	2.4	− 0.4	− 0.2	− 3.8	− **3.2**	3.2	100	71	100	90	62	100
10	+ 0.4	4.4	+ 1.4	+ 2.1	− 1.5	− 1.2	5.4	72	63	100	78	51	100
11	2.6	7.8	4.0	4.8	+ 1.1	+ 1.3	8.4	72	53	90	72	41	95
12	3.6	9.8	5.8	6.4	+ 2.6	2.4	11.2	82	47	85	71	40	90
13	6.0	11.0	7.1	8.0	+ 4.0	4.0	12.0	64	47	47	53	27	70
14	6.6	11.0	4.6	7.4	+ 3.4	4.4	14.6	68	38	88	65	**24**	95
15	5.4	13.3	7.6	8.8	+ 4.7	4.8	13.7	72	40	64	59	38	88
16	5.2	8.4	3.8	5.8	+ 1.6	3.6	9.0	100	74	98	90	64	100
17	2.8	3.5	3.8	3.4	− 0.9	1.4	5.0	100	84	100	95	78	100
18	3.0	7.2	5.2	5.1	+ 0.7	2.9	8.0	100	72	100	90	66	100
19	4.0	5.3	+ 3.8	4.4	− 0.1	+ 3.8	5.7	100	100	100	100	90	100
20	+ 2.9	2.3	− 0.6	+ 1.5	− 3.1	− 0.6	5.2	84	64	84	77	55	92
21	− 0.6	0.8	− 1.2	− 0.3	− **5.0**	− 1.2	1.2	81	97	92	90	72	98
22	+ 1.0	3.4	+ 0.8	+ 1.7	− 3.0	− 0.9	4.6	87	82	96	88	65	100
23	0.0	3.0	1.8	1.6	− 3.2	0.0	3.2	100	98	100	99	93	100
24	+ 2.0	6.3	4.8	4.4	− 0.5	+ 2.0	7.0	100	87	100	96	75	100
25	4.8	10.3	6.8	7.3	+ 2.3	4.5	10.3	86	73	99	86	60	100
26	7.0	8.8	6.6	7.5	+ 2.5	5.8	10.0	87	80	97	88	65	100
27	7.6	13.0	8.4	9.7	+ 4.6	5.4	13.4	63	45	98	69	35	100
28	8.4	13.1	9.6	**10.4**	+ **5.2**	7.0	13.6	82	60	98	80	55	100
29	7.4	11.2	8.5	9.0	+ 3.7	7.0	12.0	77	68	68	71	48	84
30	+ 7.6	+13.0	+ 7.2	+ 9.3	+ 4.0	+ 7.2	+13.2	70	62	71	68	54	82
Mois	+ 4.05	+ 7.56	+ 4.09	+ 5.23	+ 1.14	+ 2.58	+ 8.75	81	67	89	79		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — JUIN 1908

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — $0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

	Pression atmosphérique : 500^{mm} +				Fraction de saturation en %			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	68.06	68.18	68.59	68.26	77	64	89	77
2e »	68.97	69.16	68.98	69.04	84	62	86	77
3e »	69.20	69.70	70.34	69.74	83	75	92	83
Mois	68.74	69.01	69.30	69.01	81	67	89	79

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	+ 3.42	+ 6.44	+ 2.44	+ 4.10	+ 3.68
2e »	4.21	7.96	4.51	5.56	5.30
3e »	4.52	8.29	5.33	6.05	5.87
Mois	+ 4.05	+ 7.56	+ 4.09	+ 5.23	+ 4.95

Dans ce mois l'air a été calme 22 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{49}{62} = 0.79$.

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
	mm	mm	mm	mm
Eau en millimètres.....	55.8	30.9	105.8	137.4
Neige en centimètres....	0^{cm}	0^{cm}	0^{cm}	11^{cm}

ÉLECTRO-AIMANT

DU LABORATOIRE

DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE ZURICH

PAR

Pierre WEISS

Les électro-aimants de laboratoire ont été l'objet d'un certain nombre d'études qui ont eu pour effet de mettre au point quelques éléments de leur construction. Notamment la forme la plus avantageuse des pièces polaires a été établie avec soin [1].

Mais la question des proportions à donner au circuit magnétique n'a pas, en général, été résolue d'une manière aussi satisfaisante. Les constructions anciennes dérivent souvent du tore de section constante transporté du transformateur à l'électro-aimant, sans qu'aucune raison majeure déterminât ce choix [2]. Le tore est interrompu par une coupure qui constitue l'entrefer utilisable. Il est bien évident que, les ampères-tours augmentant, la saturation se produira d'abord au point du circuit magnétique opposé à la coupure, tandis que

[1] Stephan. *Sitzungsber. der k. Akad. d. Wiss. zu Wien*, II a, 97, p. 176; 1888. — *Wied. Ann.*38, p. 440; 1889.

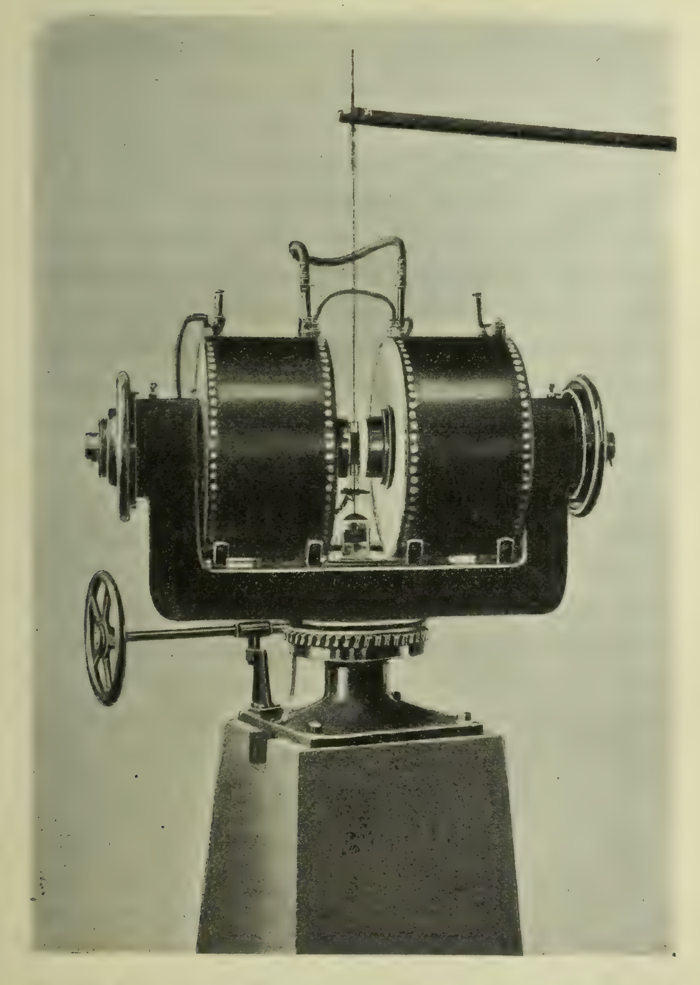
[2] Du Bois, *Wied. Ann.* 51; 1894.

les pertes de flux rendront impossible la saturation dans le voisinage des pièces polaires elles-mêmes, là où elle est indispensable. Cet effet ne peut être évité qu'en donnant à la section des valeurs croissantes à partir de la coupure, de façon à rendre le flux total égal au flux saturant les pièces polaires, augmenté d'un excédent destiné à fournir les pertes de flux. Il y a même avantage à dépasser, dans les régions éloignées de la coupure, la section déterminée par cette condition. Le fer absorbe, en effet, d'autant plus d'ampères-tours, par unité de longueur du circuit, qu'il est dans un état plus voisin de la saturation. On évitera la saturation partout où elle n'est pas nécessaire, c'est-à-dire partout ailleurs que dans les pièces polaires.

Ces règles de construction ont été observées dans l'électro-aimant de Zurich, dont la photographie ci-jointe montre les principales dispositions. Une forte culasse en forme de C, dont la section est sensiblement double de celle des noyaux dans le voisinage des pôles, réalise l'excédent de section nécessaire et possède la rigidité indispensable à une construction dans laquelle l'attraction des deux pôles peut dépasser 2000 kilog. La culasse en acier, coulée d'une seule pièce, est traversée par des noyaux de 15 cm. de diamètre, qui peuvent être avancés et reculés au moyen de manettes comme la contre-pointe d'un tour, et permettent d'associer à cette rigidité le réglage micrométrique de l'entrefer.

Tout l'appareil est porté par un pivot permettant de l'orienter dans tous les azimuts au moyen d'une vis sans fin, agissant sur un engrenage hélicoïdal. Ce mouvement de rotation est, entre autres, d'un usage cons-

tant dans les expériences sur le magnétisme des cristaux. Les angles sont lus sur un cercle divisé visible, dans la figure, immédiatement au-dessous de l'engrenage hélicoïdal[1].



[1] La figure que nous reproduisons ici a déjà paru dans la *Revue générale des Sciences*, qui en a mis très aimablement le cliché à notre disposition. — *Réd.*

Pour les expériences de magnéto-optique, les noyaux sont percés et les perforations peuvent être remplies par des cylindres de fer doux exactement ajustés, que l'on introduit pour éviter toute réduction de la section.

Pour ce qui concerne les dimensions des bobines, la théorie du circuit magnétique donne approximativement le nombre d'ampère-tours considérable qu'elles sont appelées à fournir ; dans l'appareil que nous décrivons, il a été calculé très largement ; d'ailleurs, en vue des usages multiples auxquels cet aimant est destiné, il fallait prévoir des entrefers plus considérables que celui des pièces polaires coniques, se touchant presque, dont on se sert habituellement pour obtenir les champs maxima. Les deux bobines contiennent 1680 tours chacune et peuvent supporter 60 ampères. L'électro-aimant reçoit donc au maximum 200,000 ampère-tours.

Avec un courant de 60 ampères, la puissance dépensée est voisine de 18 kilowatts. Il était donc nécessaire d'enlever artificiellement la chaleur produite. A cet effet, comme dans nombre de transformateurs industriels, les enroulements sont plongés dans de l'huile de paraffine et sont entourés d'un serpentin traversé par un courant d'eau froide. Dans ces conditions, la température reste à peu près constante, même pendant un usage prolongé. L'élévation de température de l'eau ne dépasse pas une vingtaine de degrés. Cette réfrigération artificielle, adoptée surtout pour pouvoir réaliser les ampère-tours nécessaires, s'est trouvée, à l'usage, être beaucoup plus précieuse encore par la constance de la température dans l'espace occupé par le champ magnétique. Cet avantage est rendu

très sensible par la comparaison de la commodité de l'emploi du nouvel appareil, avec les ennuis sans nombre provenant de l'échauffement des pièces polaires dans les anciennes constructions.

Un autre détail présente quelque intérêt : les enroulements ont été formés non de fils, mais de lames de cuivre de 15 mm. de large et 1 mm. d'épaisseur, enroulées en spirale avec interposition d'une feuille de matière isolante de 0,2 mm. d'épaisseur. Les galettes ainsi formées sont consolidées au moyen de rubans et juxtaposées à 3,5 mm. l'une de l'autre. Cette disposition réalise, par rapport aux conducteurs de section circulaire, une économie du tiers ou du quart du volume des bobines et l'économie correspondante sur le circuit magnétique.

Conformément aux prévisions, cet appareil a donné des champs plus intenses que ceux qui avaient été obtenus jusqu'à présent. Citons, à titre d'exemple, un champ de 46,000 gauss obtenu entre des pièces polaires tronconiques dont la petite base a 3 mm. de diamètre et dont les surfaces frontales étaient écartées de 2 mm. Ce champ dépasse d'environ 8000 gauss ceux qui ont été obtenus dans des espaces de même grandeur. Ajoutons que le cône était raccordé à partir d'un diamètre de 10 cm. au noyau cylindrique de 15 cm. par une surface ogivale déterminée expérimentalement, de manière à tenir compte de la réduction de la section pour compenser les pertes de flux.

Depuis trois ans qu'il est construit, cet aimant n'a pas encore connu le chômage. Il a d'abord été employé à la continuation des expériences sur le magnétisme des cristaux, qui avaient été entreprises avec des ap-

pareils moins puissants. Il a ainsi contribué à la découverte de l'expression analytique simple, par laquelle peuvent se résumer les propriétés, en apparence si complexes, de la pyrrhotine.

Depuis la découverte du phénomène de Zeeman et son immense retentissement sur les conceptions moléculaires, les expériences de magnéto-optique tiennent une grande place en physique. Il était très tentant de se servir de l'instrument en question pour ces recherches, auxquelles il se prête remarquablement. Aussi cela a-t-il été une bonne fortune que d'obtenir, pour une nouvelle mesure du phénomène de Zeeman, la collaboration de M. A. Cotton[1], bien connu pour ses travaux d'optique. Cette détermination, faite sur les trois raies bleues du zinc, a donné un résultat de plus de trois pour cent supérieur aux valeurs jusqu'alors admises, et que les déterminations plus récentes sont venues confirmer. Nous renvoyons, pour la partie optique de ce travail, au mémoire original[2]; pour la partie magnétique, qui se rattache davantage à notre sujet, nous mentionnerons les excellents services rendus par la balance électro-magnétique absolue, dont le principe est dû à M. Cotton[3] et qui est inappréciable toutes les fois qu'il s'agit de mesurer des champs magnétiques très intenses avec une grande précision.

Une nouvelle théorie, fondée sur le champ moléculaire[4], ayant montré qu'il y avait lieu de reprendre la variation de l'intensité d'aimantation en fonction de la

[1] Weiss et Cotton. *J. de Phys.*, 4e s., p. 429; 1907.

[2] *J. de Phys.*, 4e s., t. VI, p. 429; 1907.

[3] *J. de Phys.*, 3e s., t. IX, p. 383; 1900.

[4] *J. de Phys.*, 4e s., t. VI, p. 350; 1907.

température, dans les champs extrêmement intenses, afin d'obtenir la saturation, une série d'expériences a été exécutée sur la magnétite et sur le nickel pour combler cette lacune. Elles ont conduit pour la magnétite à une confirmation très frappante de la théorie, pour le nickel à certaines divergences qui suggèrent de nouvelles recherches actuellement en préparation.

Dans ces recherches, pour lesquelles l'uniformité du champ était aussi nécessaire que son intensité, l'électro-aimant a été pourvu de pièces polaires planes suffisamment écartées pour que l'entrefer puisse recevoir un four électrique donnant des températures élevées. Ce four électrique est visible dans la photographie ci-jointe, ainsi que l'étrier en cuivre rouge qui porte la substance. Cet étrier est suspendu à un ressort de torsion qui mesure les couples exercés par l'aimant sur la matière, au moyen de l'image d'un fil projetée par un miroir concave sur une échelle transparente.

Enfin les champs intenses de l'aimant ont été employés à déterminer en valeur absolue deux constantes physiques importantes : les intensités d'aimantation à saturation du fer et du nickel à la température ordinaire. Grâce à la grande étendue des champs intenses, ces mesures ont pu être faites dans des conditions particulières de précision[1]. Depuis, de nouvelles mesures ont montré que la question méritait d'être serrée de plus près et des expériences, actuellement en voie d'exécution, ont pour but non seulement de réaliser la mesure de la saturation elle-même, mais encore

[1] *C. R.*, t. CXLV, p. 1155 ; 1907.

d'établir la loi d'approche de la courbe d'aimantation vers son asymptote.

Entre temps MM. Cotton et Mouton, qui ont fait au mois de juillet dernier la remarquable découverte de la biréfrigérence magnétique, sont venus soumettre cette propriété nouvelle au contrôle des champs extrêmement intenses de l'électro-aimant de Zurich. Il semble notamment que l'on puisse, avec la réserve que commande une matière aussi nouvelle, espérer trouver un procédé physique permettant de distinguer les substances dont la constitution se rattache à la série grasse ou à la série aromatique.

LES
PHÉNOMÈNES DE BOSE
ET
LES LOIS DE L'ÉLECTRISATION DE CONTACT

PAR

Edouard GUILLAUME

(Suite et fin[1].)

---

§ 5. *Osmose électrique et forces électromotrices de filtration.*

1. L'osmose électrique et ses lois ont été étudiées par M. J. Perrin[2] ; on sait la remarquable application qu'il en a faite dans son étude sur les colloïdes. Je me permets d'emprunter à son mémoire les renseignements suivants.

« Si l'on partage une solution aqueuse en deux régions par un diaphragme poreux et si l'on crée une différence de potentiel entre ces deux régions, le liquide se met aussitôt à filtrer au travers du diaphragme... » « Quincke sut formuler une hypothèse fé-

[1] Voir *Archives*, t. XXVI, juillet 1908, p. 29.

[2] *Journal de Chimie physique*, t II, n° 10 et t. III, n° 1. Genève, 1904-1905.

conde en proposant d'expliquer l'osmose électrique par l'électrisation de contact du liquide et de la matière qui forme le diaphragme. A peu de chose près, voici son raisonnement : Celle des deux couches électriques qui se trouve du côté du liquide a une épaisseur inconnue, mais très faible. Si faible que soit cette épaisseur, nous admettrons que certaines au moins des particules matérielles qui forment la couche (et peut-être toutes) sont déjà assez éloignées de la paroi solide pour qu'on puisse les regarder comme appartenant au milieu fluide. Nous admettrons qu'au contraire la couche électrique située du côté de la paroi solide est formée de particules adhérant à cette paroi. Dans ces conditions, une force tangentielle, si petite qu'elle soit, suffira pour déterminer un glissement de la première couche le long de la paroi.

» Or, on peut réaliser une telle force en créant un champ électrique parallèle à la paroi. Alors les charges électriques mobiles se déplaceront dans le sens des lignes de force avec les particules du liquide auxquelles elles sont liées. Celles-ci entraîneront par frottement les particules voisines, qui entraîneront à leur tour des particules plus lointaines, et il en pourra résulter un déplacement observable du liquide ».

M. Perrin a calculé la différence de potentiel entre un diaphragme de chlorure de chrome et l'eau acidulée : il a trouvé 0,0025 volt.

2. « Au lieu de créer par voie électrique la force tangentielle qui fait glisser l'une sur l'autre les deux faces de la couche double, on peut la créer par voie mécanique, en imposant à une couche liquide lointaine un glissement parallèle à la surface de contact. Le frotte-

ment de cette couche sur les couches contiguës entraînera de proche en proche un déplacement des particules chargées situées dans le liquide, et ce déplacement électrique pourra donner lieu à un champ observable...

» Ainsi, la filtration d'un liquide sous pression fixée au travers d'un tube capillaire (ou plus généralement d'un diaphragme poreux), déterminera la production d'une différence de potentiel, que nous appellerons *force électromotrice de filtration*.

» Le phénomène ainsi prévu existe en effet. Il fut découvert par Quincke sur des solutions aqueuses et avec des diaphragmes poreux faits de diverses matières, parmi lesquelles on peut citer la porcelaine, l'ivoire, le bois, la soie, le graphite, le sable, etc. Comme pour l'osmose électrique, il ne s'agit pas d'un phénomène difficilement perceptible, puisque, par exemple, il peut se développer une force électromotrice d'environ six volts, quand de l'eau filtre à travers une couche de sable sous une pression d'une atmosphère... »

M. Perrin applique l'analyse mathématique à ce phénomène, et il arrive ainsi à formuler la loi suivante :

« *Quand un liquide filtre sous pression au travers d'un diaphragme de nature donnée, la force électromotrice développée est proportionnelle à la pression. Le rapport de ces deux grandeurs dépend seulement du liquide choisi ; en particulier, l'épaisseur du diaphragme ou le diamètre des canaux capillaires qui le sillonnent n'interviennent pas.* »

3. Puis M. Perrin se propose le problème suivant :

« Prévoir en signe et grandeur la différence de po-

tentiel par contact entre deux corps de nature connue. »

Voici le résultat auquel il parvient :

1° *Une solution acide électrise positivement un diaphragme.*

2° *Une solution alcaline électrise négativement un diaphragme.*

Bien entendu, le diaphragme ne doit pas être attaqué par la solution, ni y être soluble.

Il attribue cette électrisation à la mobilité des ions H^+ et OH^- qui, comme l'on sait, est très supérieure à celles des autres ions.

Les ions H^+ et OH^-, probablement beaucoup plus petits que les autres, viennent tapisser la paroi d'une couche positive ou négative, alors que les autres ions, plus gros, ne peuvent pénétrer dans la sphère d'action.

Enfin, les ions polyvalents peuvent influencer considérablement l'électrisation d'une paroi, et cela d'autant plus que la valence est plus élevée.

M. Perrin donne ainsi la règle suivante :

« *Etant donnée une liqueur qui donne à une paroi une électrisation d'un certain signe, l'addition à cette liqueur d'un ion polyvalent du signe opposé diminue beaucoup l'électrisation de la paroi, et parfois même en renverse le signe, l'électrisation alors obtenue étant d'ailleurs généralement bien inférieure à celle que peuvent donner les ions H^+ et OH^-. De plus, l'influence des ions divalents est généralement très inférieure à l'influence des ions trivalents, elle-même inférieure à celle des ions tétravalents.* »

Par exemple : « l'ion divalent SO_4^{--} diminue beaucoup l'électrisation positive que prend une paroi en

milieu acide, sans augmenter notablement l'électrisation négative que prend cette paroi en milieu alcalin. Il paralyse l'ion H^+, sans aider l'ion OH^-. »

4. Quant à la concentration, « il est naturel de supposer que l'action des ions H^+ ou OH^- grandira en même temps que la concentration de ces ions. C'est en effet ce qui a lieu, mais la différence de potentiel ainsi développée croît de plus en plus lentement. De façon un peu plus précise, on n'électrise pas beaucoup plus le chlorure de chrome, par exemple, si l'on met 10 molécules d'acide, au lieu d'une seule, en 200000 molécules d'eau. »

5. Enfin, il est essentiel de tenir compte des perturbations qui peuvent être dues à une faible solubilité de la paroi. Pour certaines substances, M. Perrin n'a pu obtenir le renversement de l'osmose. Ceci est facilement explicable : « Par exemple, même dans une liqueur obtenue en ajoutant de l'acide à de l'eau distillée, un diaphragme de coton de verre se charge négativement ; mais si l'on exprime l'eau contenue dans le diaphragme, on s'aperçoit qu'elle est devenue basique, le verre s'étant dissous jusqu'à réalisation d'un liquide avec lequel il puisse subsister en équilibre, en sorte que l'apparente exception est une preuve nouvelle de l'influence d'un léger excès d'alcali. »

M. Perrin croit « bon d'observer que si l'on n'opère pas assez rapidement, de semblables erreurs peuvent masquer les résultats même pour plusieurs corps cités précédemment... » « Par exemple, en solution basique, un diaphragme de chlorure de chrome se charge négativement ; si cependant, ayant préparé l'observation, on attend quelques heures avant de la faire, on

constate que le sens de l'osmose est renversé, la paroi étant devenue positive : mais, en exprimant le liquide contenu dans le diaphragme, on voit que ce liquide est devenu acide au tournesol, en sorte que l'anomalie apparente est encore une preuve nouvelle de l'influence énorme de traces d'acide ou d'alcali. »

Ces remarques sont très importantes.

§ 6. *Application des lois de l'électrisation de contact aux phénomènes de Bose.*

1. Comment appliquerons-nous les considérations de M. Perrin aux phénomènes de Bose ? Certes, il est assez malaisé de se faire une idée du mécanisme de la déformation de la couche lors de la torsion du fil et de son action sur le liquide environnant. Quoi qu'il en soit, nous admettrons qu'autour du fil il y a couche double électrique, formée comme l'indique M. Perrin et due aux mêmes causes, savoir à la plus ou moins grande mobilité des ions présents, ou encore, si l'on veut, à leur grosseur différente, les plus petits, tels que les ions H^+ et OH^-, occupant les cavités les plus profondes de la couche poreuse. Puis, par analogie avec les parois qui donnnent l'osmose électrique, j'admettrai que la paroi et le fil métallique sont électrisés positivement en milieu acide. Dans ce cas, le galvanomètre décèle un courant momentané qui passe du fil tordu au liquide. Si le milieu aqueux est basique, l'impulsion du galvanomètre est, comme je l'ai déjà dit, de sens inverse, c'est-à-dire que le courant passe du liquide au fil tordu.

2. *Couches employées.* — J'ai fait des observations

avec un fil de *platine* recouvert d'une mince couche de *kaolin*, puis avec un fil de *platine* recouvert de *gélatine*. M. Perrin, en effet, s'est servi de la gélatine comme diaphragme poreux ; il a obtenu ainsi d'excellents résultats. Ici, la gélatine a un grand avantage sur le kaolin : elle est beaucoup plus facile à appliquer en mince couche sur le fil. On met dans l'eau chaude 5 °/₀ de gélatine bien pure et blanche et on l'applique sur le fil, encore à chaud, au moyen d'un pinceau ; après refroidissement, le fil se trouve recouvert d'une mince couche de gelée transparente.

3. *Influence des ions* H^+ *et* OH^-. — Prenons des fils de platine ainsi préparés et tordons-les dans des bains, soit acides, soit alcalins. Nous observerons au galvanomètre des impulsions de grandeur et de signe différents. Les tableaux suivants résument quelques expériences. La concentration de la solution dans laquelle baigne le fil est exprimée en molécules-grammes par litre. Ainsi $^1/_{1000}$ HCl signifie la solution $^1/_{1000}$ normale d'acide chlorhydrique, c'est-à-dire la solution obtenue en mettant le millième du poids moléculaire, exprimé en gramme, de cet acide dans un litre d'eau distillée.

Ordre de la torsion	Fil de platine recouvert de				Ordre de la torsion	Fil de platine recouvert de			
	Kaolin		Gélatine			Kaolin		Gélatine	
	1/1000 HCl	1/1000NaOH	1/1000 HCl	1/1000NaOH		1/1000 HCl	1/1000NaOH	1/1000 HCl	1/1000NaOH
1re tors.	+113	—137	+ 23	— 19	11me tor.	+ 35	— 29	+ 20	— 19
2me »	+ 70	— 80	+ 14	— 10	12me »	+ 19	— 34	+ 14	— 20
3me »	+ 95	—100	+ 21	— 27	13me »	+ 22	— 18	+ 19	— 27
4me »	+ 58	— 61	+ 15	— 13	14me »	+ 8	— 9	+ 11	— 11
5me »	+ 71	— 78	+ 22	— 20	15me »	+ 10	— 11	+ 20	— 21
6me »	+ 42	— 49	+ 16	— 15	21me »	+ 2	— 1	+ 19	— 19
7me »	+ 67	— 54	+ 25	— 19	31me »	très faibles	très faibles	+ 27	— 25
8me »	+ 39	— 38	+ 13	— 9	41me »			+ 22	— 19
9me »	+ 49	— 45	+ 27	— 23	51me »			+ 21	— 23
10me »	+ 27	— 24	+ 15	— 12	101me »			+ 23	— 26

On voit donc bien que l'impulsion change de signe lorsque le milieu aqueux, d'abord acide, devient basique. Il faut remarquer que, dans le cas du kaolin, les impulsions décroissent très vite ; cela s'explique facilement : en effet, si l'on examine le fil qui vient de subir quelques torsions, on peut voir que la couche de kaolin est fendillée et qu'une partie des écailles sont tombées au fond du vase. Ceci montre encore une fois l'importance de la couche assez résistante pour donner lieu à des frottements appréciables. La gélatine donne des impulsions beaucoup plus faibles ; par contre, les valeurs de ces impulsions se succèdent d'une façon plus régulière ; ici encore, l'on remarquera que les impulsions d'ordre impair — c'est-à-dire celles obtenues en tordant le fil à partir de la position où il ne subit aucune déformation permanente — sont, en général, plus fortes que celles d'ordre pair. Ces différentes

raisons me conduisirent à poursuivre les recherches quantitatives avec un fil de platine recouvert de gélatine, me contentant de faire des vérifications qualitatives avec un fil recouvert de kaolin. Ces vérifications ont, du reste, toujours été satisfaisantes. En second lieu, je prenais comme valeurs comparatives les impulsions d'ordre impair, c'est-à-dire celles obtenues en tordant le fil à partir de la position d'équilibre non contraint.

Pour examiner plus profondément l'influence des ions H^+ et OH^-, nous ferons des expériences avec des solutions de concentrations différentes, en les énumérant par ordre de teneur décroissante en ions H^+ et croissante en ions OH^-. Mais comme la résistance de l'électrolyte variera en même temps, il sera nécessaire de faire une correction pour pouvoir comparer les forces électromotrices instantanées produites dans ces diverses conditions. Pour cela, nous emploierons le petit appareil d'induction déjà décrit, mis en série dans le circuit ; il donnera dans chaque cas une variation constante ΔF du flux. Soit donc $\Delta \Phi$ une force électromotrice instantanée due au phénomène de Bose pour une certaine concentration ; β la déviation correspondante du galvanomètre ; α la déviation produite par ΔF. On aura toujours, pour une même résistance du circuit :

$$\frac{\Delta F}{\alpha} = \frac{\Delta \Phi}{\beta}$$

L'étalonnement de l'appareil d'induction a donné :

$$\Delta F = 36 \text{ microvolts-secondes}$$

On calculera donc $\Delta\Phi$ avec la formule :

$$\Delta\Phi = 36 \frac{\beta}{\alpha} \text{ microvolts-secondes}$$

Le tableau suivant résume quelques résultats. β représente la moyenne de 20 observations qui se rapportent exclusivement à des déviations d'ordre impair. Pour chaque série d'expériences faites avec une même concentration, le fil était décapé, poli et la couche de gélatine renouvelée. $\Delta\Phi$ est exprimé en microvolts-secondes.

Nature de la solution en molécules-grammes par litre		Signe	β	α	$\Delta\Phi$
1/50	NO_3H	+	100	95	37,9
1/100	NO_3H	+	77	79	35,1
1/1000	NO_3H	+	29	27	38,7
1/5000	NO_3H	+	2	6	12,0
1/5000	KOH	—	2	8	9,0
1/1000	KOH	—	14	28	18,0
1/100	KOH	—	49	80	22,1
1/50	KOH	—	97	100	34,9

On voit donc que les forces électromotrices instantanées développées par torsion diminuent, en général, avec la concentration, mais cependant d'une façon irrégulière. Il entre en jeu ici trop de facteurs différents, — épaisseur de la couche, rapidité avec laquelle on tord le fil, etc., — pour permettre de faire des mesures ayant vraiment quelque précision.

4. *Nature du phénomène électrique.* — Enfin, il faut vérifier qu'ici encore le phénomène électrique engendré par la torsion du fil est bien de la nature d'une

force électromotrice instantanée. En appliquant la méthode déjà décrite et en conservant les mêmes notations, nous pouvons, à titre d'exemple, dresser le tableau suivant d'une de ces vérifications. On a employé un fil de platine recouvert de gélatine ; β_D et β_G indiquent exclusivement des déviations d'ordre impair, moyennes de 4 observations. Les expériences ont exigé 210 torsions. En ramenant, entre chaque observation, le circuit à une résistance fixe $R_0 = 470$ ohms, j'ai pu vérifier, comme précédemment, que le phénomène restait sensiblement constant pendant toute la durée des expériences. J'ai trouvé :

Moyenne des *20 premières* déviations sans résistance additionnelle	$\overline{\beta_D} = 101,5$ $\overline{\beta_G} = 97,6$
Moyenne des *20 dernières* déviations sans résistance additionnelle	$\overline{\beta_D'} = 97,5$ $\overline{\beta_G'} = 102,3$

Les divergences entre $\overline{\beta_D}$ et $\overline{\beta_D}'$ d'une part et $\overline{\beta_G}$ et $\overline{\beta_G}'$ d'autre part ne dépassant pas 5 °/₀, je les ai négligées. Les impulsions β_D et β_G étaient produites par un angle de torsion d'environ 45° à droite et à gauche de la position d'équilibre non contraint. Enfin, l'électrolyte employé était une solution $^1/_{50}$ HCl.

Résistance R addition.	Résistance $R + R_0$ totale	α'	β_D	β_G	$\frac{\beta_D}{\alpha'}$	$\frac{\beta_G}{\alpha'}$
ω	ω					
0	470	100,1	103,0	101,0	1,03	1,01
100	570	82,1	89,9	87,9	1,10	1,08
200	670	69,9	69,1	75,1	0,99	1,07
300	770	61,2	68,0	57,1	1,11	0,93
400	870	54,0	68,9	64,9	1,28	1,20
500	970	43,0	40,0	38,1	0,91	0,87
600	1070	39,0	43,2	45,1	1,13	1,15
00	1170	36,1	40,1	48,9	1,11	1,36
800	1270	34,0	32,1	29,7	0,94	0,88
900	1370	31,2	29,0	32,8	0,93	1,14
1000	1470	29,2	29,2	30,2	1,00	1,04
1200	1670	26,0	24,0	26,0	0,92	1,00
1400	1870	23,0	24,0	26,0	1,04	1,14
1600	2070	21,1	19,0	20,0	0,91	0,95
1800	2270	19,0	19,1	21,1	1,00	1,11
2000	2470	17,3	18,2	20,3	1,06	1,18
3000	3470	12,3	13,3	14,3	1,08	1,17
5000	5470	8,0	8,0	9,0	1,00	1,13
10000	10470	3,9	3,5	4,1	0,88	1,02
50000	50470	0,8	0,7	0,9	0,88	1,13
100000	100470	0,4	0,3	0,4	0,75	1,00
Moyennes des rapports					1,00	1,07

5. *Influence des ions polyvalents*. — Nous venons de voir l'influence énorme des ions H^+ et OH^-. La question se pose ici naturellement d'examiner si d'autres ions peuvent avoir une action marquée sur le phénomène. Pour cela, nous établirons un parallélisme entre nos expériences et celles de M. Perrin, sans toutefois faire tous les essais que cet auteur a décrits dans son mémoire. Nous nous contenterons de mettre notre hy-

pothèse à l'épreuve en examinant l'action des ions qui électrisent d'une façon énergique les diaphragmes servant à produire l'osmose électrique. Or, parmi ces ions, les ions polyvalents entrent en jeu par ordre de valence croissante. Nous avons vu en effet (§ 5, 3), qu'étant « donnée une liqueur qui donne à une paroi une électrisation d'une certain signe, l'addition à cette liqueur d'un ion polyvalent du signe opposé, diminue beaucoup l'électrisation de la paroi, et parfois même en renverse le signe, l'électrisation alors obtenue étant d'ailleurs généralement bien inférieure à celles qui peuvent donner les ions H^+ et OH^-. » « Par exemple, l'ion divalent négatif SO_4^{--} diminue beaucoup l'électrisation positive que prend une paroi en milieu acide, sans augmenter notablement l'électrisation négative que prend cette paroi en milieu alcalin. Il *paralyse* l'ion H^+ sans aider l'ion OH^-. » En général, l'action des ions polyvalents se manifeste de cette manière.

Nous ajouterons donc à la solution rendue acide ou alcaline des ions de différents signes et de différentes valences. Nous essayerons ainsi :

1° l'action des ions *négatifs :*

$$SO_4^{--} \quad \text{et} \quad Fe\,Cy_6^{----}$$

2° l'action des ions *positifs :*

$$Ba^{++} \quad \text{et} \quad La^{+++}$$

Dans le tableau suivant, β indique la moyenne de 20 impulsions d'ordre impair du galvanomètre, obtenues en tordant le fil recouvert de gélatine d'un angle de 45° à droite et à gauche de la position d'équilibre non contraint. A chacune de ces moyennes, j'adjoins

l'impulsion α due au flux $\Delta F = 36$ microvolts-secondes du petit appareil d'induction, ce qui me permet de calculer en microvolts-secondes les forces éléctromotrices instantanées $\Delta\Phi$ produites par la torsion du fil dans les différentes liqueurs.

Nature des ions agissants	Nature de la solution en molécules-grammes par litres	Signe	β	α	$\Delta\Phi$	Remarques
OH^-	1/1000 NaOH	—	15	16	33,7	
$OH^- + SO_4^{--}$	id. + 1/1000 Na_2SO_4	—	15	17	31,8	sans action
H^+	1/1000 HCl	+	16	16	36,0	
$H^+ + SO_4^{--}$	id. + 1/1000 Na_2SO_4	+	7	16	15,8	affaiblissement
OH^-	1/1000 KOH	—	20	18	40,0	
$OH^- + FeCy_6^{----}$	id. + 1/1000 $FeCy_6K_4$	—	75	68	39,6	sans action
H^+	1/1000 HCl	+	16	16	36,0	changement
$H^+ + FeCy_6^{----}$	id. + 1/1000 $FeCy_6K_4$	—	76	77	35,5	de signe
H^+	1/1000 HCl	+	15	16	33,7	
$H^+ + Ba^{++}$	id. + 1/1000 $Ba(NO_3)_2$	+	17	17	36,0	sans action
OH^-	1/1000 NaOH	—	15	16	33,7	
$OH^- + Ba^{++}$	id. + 1/1000 $Ba(NO_3)_2$	—	9	17	19,1	affaiblissement
H^+	1/1000 HCl	+	18	17	38,1	
$H^+ + La^{+++}$	id. + 1/1000 $La(NO_3)_3$	+	17	17	36,0	sans action
OH^-	1/50 KOH	—	33	28	42,4	
$OH^- + La^{+++}$	id. + 1/1000 $La(NO_3)_3$	—	2	29	2,5	affaibl[t] consid.
$OH^- + La^{+++}$	1/1000 KOH + 1/500 $La(NO_3)_3$	+	1	30	1,2	changement de signe

On voit que les ions négatifs SO_4^{--} diminuent sensiblement l'électrisation positive que prend le fil en milieu acide, sans influencer beaucoup l'électrisation négative en milieu alcalin. Par contre, les ions $FeCy_6^{----}$ ont une action électrisante énergique qui, non seulement annule l'électrisation positive en milieu acide, mais peut engendrer, lors de la torsion, une force électromotrice instantanée de sens inverse et de même ordre de grandeur. Remarquons aussi que l'addition des ions $FeCy_6^{----}$ à la liqueur diminue beaucoup la résistance de l'appareil, ce qui n'a pas lieu avec les ions SO_4^{--}.

Les ions Ba^{++} agissent en grandeur comme les ions SO_4^{--}. Les ions La^{+++} sont plus énergiques que les ions Ba^{++}, sans produire cependant des effets aussi marqués que les ions $FeCy_6^{----}$; ils sont capables d'annuler l'électrisation négative même pour une solution $^1/_{50}$ KOH ; mais ils ne communiquent pas au fil une charge positive appréciable pour une solution $^1/_{1000}$ KOH + $^1/_{500}$ $La(NO_3)_3$; en outre, leur action sur la résistance de l'appareil est bien moindre que celle des ions négatifs $FeCy_6^{----}$.

Ainsi toutes les actions des ions polyvalents sont conformes aux prévisions fondées sur la règle de M. Perrin, de même que les cas où ils sont sensiblement inactifs. Les phénomènes sont suffisamment nets pour que les conclusions ci-dessus s'imposent malgré les variations accidentelles entre des observations consécutives de même espèce. (Voir le tableau page 120.)

La plus grande cause d'erreur provient sans doute de ce que les déformations successives de la couche ne ramènent jamais celle-ci dans un même état initial. Ce

dernier point sera examiné plus en détail dans le paragraphe suivant. Quoi qu'il en soit, nous avons vu qu'en faisant environ 200 observations dans les mêmes conditions (§ 6, 4), et qu'en prenant la moyenne des 20 premières et la moyenne des 20 dernières déviations du galvanomètre, ces moyennes diffèrent entre elles de moins de 5 °/₀. Nous ne pouvons donc attribuer aux caprices du phénomène les divergences signalées dans le tableau ci-dessus et nous serons en droit de considérer les observations précédentes comme satisfaisantes pour montrer l'influence de la couche double électrique dans le phénomène de Bose.

7. Nous dégagerons donc de toutes ces expériences les résultats suivants :

Si un fil métallique recouvert d'une mince couche poreuse plonge dans un électrolyte, on pourra déceler la charge électrique adhérente à la couche, en reliant le fil et un point du liquide à un galvanomètre balistique et en tordant brusquement le fil au sein de l'électrolyte ; dans ces conditions, une force électromotrice instantanée prendra naissance, qui fera passer dans le galvanomètre une charge électrique ; le signe et la grandeur de cette charge dépendent essentiellement des ions en présence dans le liquide. En particulier, si le métal du fil et la couche poreuse qui le recouvre sont peu attaquables dans les conditions données, ce sont les ions formant l'électrolyte qui donnent le signe et la grandeur au phénomène, et cela, d'après les lois de l'électrisation de contact révélées par l'étude de l'osmose électrique et des forces électromotrices de filtration.

Le parallélisme complet du phénomène de Bose et de

l'osmose électrique qui se poursuit à travers la grande diversité de propriéte des ions positifs et négatifs mono- et polyvalents, ne laisse aucun doute sur l'identité d'origine de ces phénomènes — à savoir : la COUCHE DOUBLE ÉLECTRIQUE — sans qu'il soit possible, quant à présent, de préciser davantage le mécanisme des forces électromotrices instantanées par la torsion d'un fil revêtu d'une couche poreuse et plongé dans un électrolyte.

§ 7. *Dernières remarques.*

Pour ne pas interrompre l'exposé précédent, j'ai réuni ici un certain nombre de remarques, faites au cours de ces recherches, touchant quelques points en rapport intime avec les faits décrits ici et que des investigations plus approfondies pourraient mieux éclaircir.

1. Il est difficile de se faire une idée du mécanisme de la déformation de la couche poreuse et de son influence sur le liquide conducteur.

Nous avons supposé qu'il y avait couche double électrique autour des électrodes, et que cette couche provenait de l'inégalité des mobilités respectives de l'anion et du cathion, l'ion le plus *mobile* étant aussi probablement le plus *petit*. Une explication approfondie exigerait sans doute l'intervention des théories cinétiques.

Citons encore, à ce propos, les passages suivants du mémoire de M. Perrin[1]. « Supposons que, par exemple, la solution contienne de l'acide chlorhydrique,

[1] J. Perrin. *Loc. cit.*, pages 635 et 636.

c'est-à-dire des ions H^+ et des ions Cl^-, ceux-ci beaucoup plus gros. Les ions de chaque sorte se diffuseront comme les molécules d'un gaz à l'intérieur de la surface qui limite le liquide ; mais le centre d'un ion Cl^- ne pourra approcher aussi près de cette surface que le centre d'un ion H^+. Comme les deux ions transportent d'ailleurs la même charge électrique, il se forme sur le pourtour du liquide une pellicule contenant un excès d'électricité positive, la couche sous-jacente contenant l'excès correspondant d'électricité négative. » Or, « il n'y a pas de surface idéale qui limite le liquide et que les ions ne peuvent absolument pas dépasser. Mais on arriverait manifestement au même résultat en disant que, pour perdre contre les forces de cohésion la même portion de son énergie cinétique, le centre de gravité d'un ion H^+ peut s'écarter davantage des couches profondes du liquide que ne le peut un ion Cl^- dans la même direction. » D'autre part, M. Perrin dit qu'il n'a « pas expérimenté sur les parois qui possèdent la conductibilité métallique et qui peuvent en conséquence émettre ou absorber des ions[1]. » « Mais, ajoute-t-il, la discussion des actions connues des acides sur les métaux me porte à croire que la règle précédente (c'est-à-dire paroi positive en milieu acide et négative en milieu basique) reste applicable, et qu'elle est valable, en définitive, *pour toute matière* en contact avec une solution aqueuse... » « L'extension de cette règle aux métaux pratiquement inattaquables par les acides monovalents paraîtra probablement légitime. »

Si les conditions suffisantes pour l'osmose électrique

[1] J. Perrin. *Loc. cit.*, pages 630 et 631.

le sont aussi pour le phénomène de Bose, la présence de la paroi poreuse non métallique ne serait donc pas indispensable pour la formation de la couche double électrique, Ne pouvons-nous donc observer le phénomène de Bose avec un fil non recouvert de la paroi ? On peut penser, en effet, qu'une surface métallique n'est jamais idéalement polie et que la torsion du fil puisse avoir quelque prise sur la couche double électrique, dont la présence serait révélée au moyen d'un galvanomètre balistique très sensible. Sans pouvoir répondre d'une façon précise à cette question, je dirai simplement, à titre de renseignement, que ce n'est que par un décapage soigné, et surtout un polissage au brunissoir de velours, que je suis parvenu à annuler d'une façon *presque* complète l'effet électrique dû à la torsion du fil lorsqu'il n'est pas recouvert d'une paroi poreuse. Au moment de la torsion, le spot oscille toujours faiblement, mais d'autant moins que le fil est mieux poli.

Qu'arrive-t-il si l'on recouvre le fil de la couche poreuse ? D'abord nous augmenterons considérablement *la surface* de l'électrode, donc aussi le nombre d'ions H^+ séparés. En tordant le fil dans ces conditions, nous pouvons imaginer que nous expulsons une partie de ces ions H^+ avec le liquide, d'où courant électrique momentané allant du fil tordu à l'électrolyte (§ 6, 1). Mais ensuite, par la torsion répétée, la couche se désagrège, comme on peut le constater en examinant le fil au cours des observations ; donc, la quantité d'ions H^+ sur laquelle la torsion peut agir ira en diminuant, ce qui expliquerait la décroissance rapide des impulsions du galvanomètre, à mesure que l'on s'éloigne des premières déformations (voir p. 120). Cette image

donne, en gros, une idée du mécanisme du phénomène de Bose[1] ; mais elle ne va pas sans difficulté. Par exemple,

1° la quantité d'ions expulsés jusqu'à l'autre électrode est influencée par la résistance totale du circuit. On pourrait, semble-t-il, comprendre ceci en comparant la force électromotrice due à l'expulsion du liquide lors de la torsion aux forces électromotrices de filtration (§ 5, 2).

2° le changement de sens de la torsion n'entraîne pas le changement de signe du courant. Cependant, il serait naturel d'admettre qu'en détordant le fil, on devrait ouvrir les cavités que l'on avait fermées en le tordant, donc créer un mouvement inverse du liquide.

On peut, il est vrai, alléguer que le revêtement poreux ne saurait se tordre et se détordre à la façon d'une membrane élastique ; que si, au début, la déformation a pour effet d'expulser un peu du liquide emprisonné, bientôt l'angle de torsion grandissant, produira des déchirures et des crevasses qui, donnant au revêtement une configuration nouvelle, ne permettent pas d'établir des comparaisons. Peut-être cependant la quantité de liquide expulsé est-elle réellement moindre lorsqu'on détord le fil que lorsqu'on le tord ; ceci concorderait avec les observations présentées au paragraphe précédent (§ 6, 3), à savoir que l'impulsion du galvanomètre est moins forte lorsqu'on revient de la position contrainte à la position normale.

[1] C'est au moment de mettre sous presse que nous recevons la Note de M. J. Perrin, publiée dans les *Comptes rendus* du 6 juillet 1908, dans laquelle M. Perrin propose une explication de ce mécanisme. Du reste, cette explication est semblable à celle indiquée ci-dessus.

2. Après les remarques que l'on vient de lire, on conçoit combien *variable* doit être l'influence de l'angle de torsion. Si les angles sont petits, inférieurs à 90°, la proportionnalité et plus ou moins grossièrement approchée ; si les angles sont supérieurs à 90°, il n'est plus possible de dégager un résultat quelconque ; tout ce que l'on peut dire, c'est que la force électromotrice instantanée augmente de plus en plus lentement avec l'angle. Il y a peu de différence si l'on tord le fil de 180° ou d'un tour complet.

3. Quoi qu'il en soit, il s'agit ici d'un mécanisme d'électrisation de contact bien différent de celui que l'on observe dans d'autres conditions, entre métaux, par exemple. Je fis l'expérience suivante : je remplaçai l'électrolyte en contact par du *mercure* et je tordis le fil de platine dans ces conditions, d'abord simplement poli, puis avec une couche de kaolin. Dans les deux cas, il n'y eut pas de réponse électrique au moment de la torsion[1].

4. Aux phénomènes étudiés dans ce travail se rattachent probablement tous ceux où l'on provoque un mouvement passager de l'équipage du galvanomètre, en *frappant* ou en *remuant* le fil de platine recouvert de la couche poreuse au sein du liquide conducteur, comme j'ai pu souvent le constater au cours de ces recherches. J'ai pris un fil de platine poli recouvert de la couche de kaolin, et je l'ai *tourné* dans l'électrolyte, sans le déformer. J'ai pu mettre ainsi en évidence une faible force électromotrice instantanée, d'environ 3 à 4 microvolts-secondes, dans une solution $^1/_{1000}$ HCl ; j'ai

[1] Il est bien entendu que je veux dire que, si l'effet électrique existe, il est trop faible pour être décelé par le galvanomètre employé dans ces recherches.

ensuite constaté qu'elle dépendait du liquide conducteur et, en particulier, que le courant changeait de sens lorsque le bain, d'abord acide, devenait alcalin.

5. J'ai déjà eu l'occasion de parler du courant constant qui prend inévitablement naissance dans l'appareil de torsion, malgré l'emploi d'électrodes aussi identiques que possible. Ce courant est toutefois très faible ; par exemple, dans les expériences où l'on fait usage de deux fils de platine dont l'un est recouvert de gélatine, il ne dépasse pas 10^{-9} ampères. Il est difficile de dire exactement la nature de la faible dissymétrie qui provoque le courant.

6. Pour terminer ces remarques déjà longues, je rappellerai que c'est en déformant des tissus vivants que M. Bose découvrit ces phénomènes, ces « réponses électriques », comme il les nomme. Il rechercha alors l'influence des poisons sur cette réponse. Remplaçant le tissu vivant par un fil métallique, il découvrit les phénomènes étudiés dans le présent mémoire.

M. Bose croit pénétrer ainsi dans la nature intime de la structure moléculaire, structure qui, d'après cela, ne devrait pas différer essentiellement de celle du tissu animal.

Il ne nous appartient pas de vérifier ces hypothèses et d'examiner si les lois de l'électrisation de contact apporteraient quelque lumière à ces phénomènes physiologiques ; mais nous pouvons affirmer qu'il n'est pas nécessaire d'attribuer, comme le fait M. Bose, aux substances minérales des propriétés de la matière vivante .

Conclusions.

Les expériences indiquées dans ce mémoire permettent de préciser les points suivants :

1° Un fil métallique, parfaitement propre, tordu au sein d'un électrolyte qui ne l'attaque pas, ne donne aucun phénomène électrique ;

2° Un fil métallique recouvert d'une couche poreuse et déformé dans un électrolyte qui n'attaque ni le fil, ni la couche, donne un phénomène électrique ;

3° Le phénomène électrique ainsi produit est une force électromotrice instantanée comparable à une force électromotrice d'induction ;

4° On pourra prévoir le signe et l'ordre de grandeur de la force électromotrice instantanée, en appliquant les règles d'osmose électrique et de force électromotrice de filtration données par M. Perrin, *ce qui établit la liaison entre le phénomène de Bose et l'osmose électrique, c'est-à-dire les propriétés de la couche double électrique entre l'électrolyte et le revêtement du métal ;*

5° Ces forces électromotrices instantanées sont supérieures au microvolt-seconde ; elles peuvent atteindre le millivolt-seconde ;

6° Quant aux phénomènes observés par M. Bose en tordant un fil métallique dans un électrolyte, ils sont dus à la production d'une couche poreuse par l'altération de la surface du métal, altération presque inévitable, même avec des métaux très difficilement attaquables, comme l'or et le platine (Deville, M. Ditte, etc.). En particulier, si l'on emploie un fil de zinc ou de cuivre, l'altération est assez grande et assez rapide pour former une couche d'oxyde qui produit les forces électromotrices observées. Le phénomène de « fatigue » est alors le résultat de la désagrégation de la surface ; le « repos » du fil consiste simplement à laisser la couche se reformer.

ÉTUDE

SUR LA

VISCOSITÉ DE QUELQUES MÉTAUX

EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

PAR

C.-E. GUYE et S. MINTZ

AVANT-PROPOS

On a considéré pendant longtemps les principaux états d'agrégation de la matière comme des états bien distincts. Les états : solide, liquide et gazeux étaient regardés comme possédant des propriétés caractéristiques qui ne laissaient aucune incertitude sur leur distinction.

Cette division des corps et la distinction que l'on y établit pour une même substance conserve une grande importance pour les applications et les usages de la vie journalière, mais elles ont perdu depuis longtemps leur valeur absolue au point de vue scientifique.

Depuis les premières recherches de Faraday sur la liquéfaction des gaz, les relations entre l'état gazeux et l'état liquide ont été mises en lumière par de nombreux travaux.

Les résultats auxquels ont conduit ces recherches

sur la continuité entre les états liquides et gazeux étaient si intéressants, qu'on se mit à chercher s'il n'existait pas, entre l'état solide et l'état liquide, quelque chose d'analogue.

Le point de départ de ces recherches était l'idée de comparer les propriétés des liquides et des solides et d'y trouver des propriétés communes aux deux états, même si elles s'y présentaient à des degrés très différents.

La distinction que l'on établit dans la vie, dans les usages courants, entre les solides et les liquides, provient surtout de la difficulté que présentent les solides de changer de forme sous l'action d'une force mécanique quelconque, d'une manière temporaire ou permanente. En réalité, cette distinction est souvent plus apparente que réelle. En effet, lorsqu'un ensemble de forces agit sur une masse matérielle homogène et vient à la déformer, deux sortes de réactions bien distinctes peuvent se manifester dans la masse matérielle : les unes se font sentir pendant le temps de la déformation et pendant ce temps-là seulement ; elles continuent à s'exercer quand la déformation reste stationnaire, et si l'action mécanique extérieure disparaît, elles sont capables de faire revenir le corps à sa forme initiale, pourvu qu'on n'ait pas dépassé une certaine limite, la limite d'élasticité. Ce sont les *déformations essentiellement temporaires et parfaitement élastiques*.

L'autre genre de réactions qui se produisent dans une masse quelconque est d'une nature tout à fait différente : elles empêchent que l'action mécanique sur un corps ne se produise pleinement dans un temps

inappréciable ; elles dépendent de la rapidité plus ou moins grande de la déformation et elles ne sauraient en aucun cas ramener le corps à son premier état d'équilibre. Au premier abord, il semble que les corps solides ne présentent que des réactions du premier genre, mais des études plus profondes ont déjà démontré, dès la fin du XVII[e] siècle, que les corps solides étaient susceptibles eux aussi de déformations permanentes, même pour des efforts très faibles. On a cherché longtemps à les expliquer. Coulomb le premier énonça l'hypothèse qu'elles résultaient d'un certain *frottement solide*, qui se manifestait à l'intérieur du solide quand une force mécanique y était appliquée. En se basant sur cette hypothèse, il énonça la loi suivante : « Le caractère essentiel d'une déformation permanente est de ne pouvoir se produire que pour une force supérieure à une certaine force qui mesure le frottement solide. » Ce frottement solide, d'après lui, ne dépend pas de la vitesse de la déformation. Cette loi serait donc l'analogue de la loi approximative du frottement entre deux corps solides homogènes ou hétérogènes. Mais on rencontre des cas où la force de réaction qui s'oppose à la déformation est une fonction de la vitesse, cas analogue à celui qui se présente dans le mouvement des liquides et des gaz. Dans ce cas, on a affaire à un *frottement visqueux* (frottement liquide, s'il était permis de s'exprimer ainsi dans le cas des solides).

En général, dans la nature, on trouve toujours la coexistence de ces deux sortes de frottement et de ce fait la notion de la viscosité des liquides, qui est toujours proportionnelle à la vitesse, ne s'applique pas toujours aux solides, et on doit généraliser un peu la

définition du frottement intérieur pour le cas des solides.

M. Bouasse[1] voit encore un troisième groupe de déformations qui ne sont ni parfaitement élastiques, ni permanentes : ce sont des *déformations subpermanentes*. La caractéristique de ce phénomène est l'existence d'une forme déterminée pour chaque valeur de la variable mécanique ; mais la forme n'est pas atteinte instantanément dès que la force est appliquée ; il faut un certain temps pour que la forme prenne sa valeur définitive. Ces déformations peuvent se superposer aux déformations permanentes, de sorte que, dans la pratique, il est difficile de les séparer en deux groupes bien distincts. Ce qu'on entend souvent par réactivité fait partie à la fois de la réactivité proprement dite et des déformations permanentes.

Strictement parlant, une force, si petite soit-elle, mais indéfiniment appliquée, doit produire une déformation permanente plus ou moins grande ; si la déformation ne se présente pas avec une même intensité dans les différents états de la matière, cela tient à l'existence du frottement intérieur de la matière, qui peut être solide ou visqueuse, et qui est variable en intensité selon l'état de celle-ci.

Pendant longtemps, on a cru qu'un corps solide présentait une viscosité infinie. Tresca[2] avait déjà démontré par son expérience sur l'action des grandes pressions sur les métaux les plus durs, que le frottement intérieur des solides n'était pas infini : il a vu le métal former à l'orifice de l'enveloppe où il était renfermé,

[1] Bouasse. *Essais des matériaux.*

[2] *Mémoires des savants étrangers,* XVIII et XX.

un jet rappelant par sa forme extérieure soit une goutte liquide suspendue à son orifice, soit une veine d'écoulement. Ainsi, sous l'influence de forces extérieures énormes, les pressions finissent par se transmettre dans toutes les directions, indépendamment de la forme et de la nature du corps, absolument comme dans un liquide. Tous les métaux se comportent ainsi, plus ou moins comme des corps visqueux.

D'autre part, de nombreux expérimentateurs, parmi lesquels nous ne citerons ici que les noms de Poiseuille[1] et de E.-O. Meyer[2], opérant par des méthodes différentes, ont démontré que la viscosité des liquides n'était jamais nulle et que pour les corps appelés pâteux, cette viscosité atteint même une valeur presque comparable à celle qu'on a pu observer pour les corps solides.

C. Barus[3], en étudiant la variation de la valeur du frottement intérieur pour les trois états de la matière, trouve les valeurs suivantes : pour les gaz 10^{-4}; pour les liquides (pour l'eau, 10^{-2}; pour la glycérine, 5); pour l'acier, 10^{18}.

Le présent travail porte uniquement sur la viscosité ou frottement intérieur des fils métalliques et sur sa variation avec la température. En d'autres mots, sur le terme de la résistance qui caractérise particulièrement l'état liquide. Nous nous y occuperons uniquement d'étudier la marche de cette variation pour différents fils, soumis préalablement aux mêmes transfor-

[1] *Mémoires des savants étrangers*, XI.

[2] *Journal de Crelle*, LIX.

[3] *Phil. Mag.*, 29.

mations mécaniques pour obtenir des expériences aussi comparables que possible. Ces recherches portent sur des fils de platine, argent, or, cuivre et acier.

PREMIÈRE PARTIE

I. Aperçu historique.

Avant d'exposer la méthode employée dans le présent travail, il est indispensable de passer en revue les principaux travaux antérieurs. M. Schmidt[1], dans son travail « Ueber die innere Reibung fester Körper », donne un exposé très complet des expériences faites jusqu'en l'an 1877. Ceci nous permet de nous borner à une critique brève des expériences faites jusqu'à cette époque, en insistant spécialement sur les points qui se rattachent au présent travail.

Un des plus anciens travaux concernant le frottement intérieur est dû à M. Streintz[2], à Vienne. Il a étudié la torsion des fils et a observé le décrément logarithmique qui, comme on le sait, dépend à la fois de deux facteurs : de la résistance que l'air présente au mouvement et du frottement intérieur du fil même. M. Streintz étudie la variation du décrément en rapport avec la température, et il trouve que le décrément logarithmique des métaux dont le point de fusion est assez bas, croît très rapidement avec la température.

Pour un fil de laiton de 51 cm. de longueur et de 0,512 mm. de diamètre, le poids tenseur étant 2 $\times$ 147 gr., le décrément logarithmique à 14° était 0,00194 ;

[1] *Wiedemann's Annalen*, Band II, 1877.
[2] *Poggendorff's Annalen*, CLIII, 1874.

à 87°6 il devenait 0,01235, c'est-à-dire six fois plus grand. Un fil d'argent donne des résultats analogues. Pour celui-ci, il trouve à 18°5 0,00867 et 0,3782 à la température de 80°5.

Pour les fils d'acier et de platine, Streintz ne put constater aucune influence de la température sur le décrément logarithmique.

En étudiant la torsion des fils et ses lois, Streintz voulait vérifier l'exactitude de la loi énoncée par Gauss et Weber, d'après laquelle les décréments sont indépendants de l'amplitude. Dans ce but, il prend un fil et observe les décréments pour différentes amplitudes. Il a constaté qu'immédiatement après la suspension, le décrément logarithmique pour les amplitudes plus grandes était plus grand que pour les amplitudes moindres, mais que cette différence disparaissait pour les amplitudes comprises entre 5°-2°, lorsque la suspension se prolongeait longtemps.

M. Streintz attribue la disparition de cette différence à l'accommodation élastique que prend le fil par suite de la tension de suspension et de vibrations prolongées.

Sous le terme d'accommodation, il faut donc comprendre ici la propriété que possèdent les fils métalliques, de présenter un frottement moindre à la torsion après avoir été tordus plusieurs fois. Ces résultats de Streintz concordaient tout à fait avec ceux de Braun[1]. Pour plus de clarté, il faut ajouter que ces résultats étaient en contradiction complète avec ceux trouvés par lord Kelvin en 1864. Mais dernièrement

[1] Ueber elastische Schwingungen. *Pogg. Annalen*, 1874.

M. Gray a repris cette question et, dans l'étude sur la fatigue élastique des fils, il a observé que la vitesse de variation de l'accommodation était une certaine fonction de l'amplitude et de la température. Ainsi il était possible de mettre en accord les résultats précédents. En outre, M. Streintz a constaté que le décrément logarithmique était indépendant de la tension des fils, du moment d'inertie, du système oscillant et de la longueur du fil. Toutes ces expériences furent reprises par M. Schmidt. Les principales objections qu'il fit aux expériences de Streintz, c'est que : 1° celui-ci a négligé complètement la résistance de l'air et, par là, n'a pas séparé le décrément dû à cette cause de la valeur totale du décrément dû au frottement intérieur et au frottement de l'air ; 2° il n'a pas assez clairement mis en évidence l'effet de l'accommodation. M. Schmit opérait dans l'air. Pour éliminer l'influence de la résistance de l'air sur la valeur du décrément, il se servit d'une formule de correction donnée par Lamp[1]. D'après cette formule, la valeur du décrément ε' dû à la résistance de l'air par un disque est la suivante :

$$\varepsilon' = \frac{\sigma \cdot \xi}{2\sqrt{2\alpha}} + \sigma\left(1 - \frac{\sigma}{8}\right)\frac{\xi^2}{d^2}$$

$$\text{avec } \sigma = 5\frac{D}{D_1}, \qquad \xi = \frac{1}{r_1}\sqrt{\frac{\eta}{D}}, \qquad \alpha = \sqrt{\frac{\pi}{T}}$$

où $D =$ la densité de l'air, $D_1 =$ la densité du poids tenseur, $\eta =$ const. de la viscosité de l'air, $T =$ la durée d'oscillation.

Dans ses recherches, M. Schmidt trouve que ε' re-

[1] Programm des städtischen Gymnasiums in Danzig, 1866.

présente $^1/_{10}$ à $^1/_{20}$ de la valeur totale du décrément, Grâce à cette correction, M. Schmidt se trouve dans la possibilité de mettre en évidence plusieurs faits.

M. Schmidt constate entre autres que l'accommodation joue un grand rôle dans ces déterminations. La valeur du décrément d'un fil qui vient d'être suspendu diminue pour des oscillations répétées. Ainsi, pour un fil d'acier, M. Schmidt trouve pendant quatre jours les valeurs suivantes du décrément : 0,0007040, 6401, 6109, 5864, 5676, 5472. Les expériences ultérieures donnent la dernière valeur du décrément. Pour un fil de magnésium, tout de suite après la suspension, le décrément était de 0,01031, après dix jours 0,006638. Ainsi, grâce à l'accommodation, le décrément se rapproche de plus en plus d'une limite par des oscillations prolongées. M. Schmidt, dans ses expériences, ne cherchait pas à arriver aux décréments limités et, par ce fait, tous ses résultats portent sur les décréments logarithmiques influencés par l'effet de l'accommodation.

C'est Gauss qui, en étudiant les propriétés des solides et principalement leur allongement, en arrive déjà à la conclusion que le fil ne prend pas instantanément sa longueur définitive ; il faut un certain temps depuis le moment de la suspension pour que le fil prenne sa longueur maximum. Gauss attribue ce phénomène à une cause qu'il dénomme « réactivité élastique ». Plusieurs physiciens ne tardèrent pas à révéler des faits analogues dans d'autres phénomènes élastiques, par exemple dans la torsion, et ils cherchèrent à les représenter par des formules. Ainsi MM. Kohl-

rausch[1], Neesen[2] et Weber[3] ont donné une série de formules pour représenter les faits de la réactivité élastique dans l'allongement et la torsion des fils.

M. Schmidt voit une grande analogie entre la réactivité élastique et l'accommodation de Streintz, car le décrément logarithmique prend aussi sa valeur limite après un certain temps. En répétant pour les torsions le calcul de Weber, qui, étudiant l'allongement des fils, en arrive à représenter leur longueur, à un moment donné, par la formule : $L = L_0 + \frac{a}{b+T}$, où L_0 est la longueur définitive, *a*, *b* des constantes caractéristiques pour le fil donné, T le temps écoulé à partir de l'instant de l'application de la charge, Schmidt représente la valeur du décrément à un moment donné par une formule analogue : $\varepsilon = \varepsilon_0 + \frac{a}{b+T}$; cette formule coïncide fort bien avec les valeurs trouvées par expérience.

Dans son travail, M. Schmidt consacre un chapitre spécial à l'étude du décrément logarithmique en fonction des amplitudes. Déjà sir W. Thomson[4] avait remarqué une certaine dépendance entre le décrément et les amplitudes; après lui, des vérifications furent reprises, comme nous l'avons vu, par M. Braun et ensuite par M. Streintz. Après avoir étiré plusieurs échantillons de différents fils et les avoir soumis à des

[1] Beiträge zur Kenntniss der elastischen Nachwirkung. *Pogg. Annalen,* Band CXXII.

[2] Elastische Nachwirkung bei Torsion, *Monatsberichte der Kgl. Preuss. Akademie der Wissenschaften,* 1874, Februar.

[3] *Pogg. Annalen,* XXXIV et LIX.

[4] *Phil. Mag.,* XXX.

torsions de différentes amplitudes, M. Schmidt arrive aux conclusions suivantes : 1° La loi de Gauss-Weber, d'après laquelle, pour une amplitude comprise entre deux et six degrés, le décrément est indépendant de l'amplitude, n'est pas applicable à toute sorte de fils ; pour chaque fil il existe certaines limites d'amplitude, entre lesquelles le décrément est constant. Pour quelques-uns, la limite supérieure peut dépasser six degrés. 2° Au-dessus de cette limite, le décrément est une fonction de l'amplitude ; il diminue si l'amplitude décroît, en influençant les décréments postérieurs, qui prennent par la suite des valeurs différentes de celles qu'ils auraient prises si la vibration avait commencé par une amplitude plus petite. Enfin 3° que si le décrément dépend de l'amplitude, la résistance qu'offre un fil au mouvement est proportionnelle au carré de la vitesse.

M. Schmidt voit dans la réactivité élastique la principale cause de ces phénomènes ; si la réactivité élastique est grande, l'influence de l'amplitude sur le décrément est aussi notable. De cette façon, les limites entre lesquelles le décrément est fixe dépendent à la fois de la nature du fil et des circonstances dans lesquelles celui-ci se trouve.

Après avoir étudié les différentes causes d'erreur qui peuvent provenir de la réactivité élastique, du frottement de l'air et introduit les corrections des décréments pour les différentes amplitudes, Schmidt se propose de rechercher la relation entre le décrément, la longueur du fil, son diamètre et la température.

Nous n'insisterons pas sur ces expériences. Nous remarquerons seulement qu'elles se trouvent en complet

désaccord avec celles de M. Streintz ; c'est ainsi qu'il trouve que le décrément logarithmique dépend des dimensions des fils ; ainsi, pour différentes longueurs, il trouve la formule :

$$\varepsilon = \frac{C}{\sqrt{L}} + C_1 \sqrt{L},$$

C et C′ sont des constantes, L la longueur ; et pour les fils de différents diamètres, il trouve :

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{\sqrt[3]{r_2}}{\sqrt[3]{r_1}}$$

c'est-à-dire que les décréments sont en raison inverse de la racine cubique des rayons.

En dernier lieu, M. Schmidt passe à l'étude de la variation du décrément avec la température. Malheureusement, les limites de températures entre lesquelles il a opéré sont très restreintes : 0° et 25°. L'appareil était enfermé dans une chambre dans laquelle on pouvait faire varier la température entre 0 et 25°. Préalablement, il chercha à déterminer le temps pendant lequel, pour une température donnée, le décrément prend sa valeur finale (accommodation). En laissant la température constante, il attendait trois ou quatre heures, après quoi il commençait l'expérience. Il avait fait des mesures sur deux échantillons de cuivre de différentes longueurs, l'un de 83 cm., l'autre de 50 cm. La variation avec la température pouvait être représentée par une formule : $\varepsilon = \varepsilon_0 (1 + \alpha\Theta)$.

Pour le premier échantillon, il a trouvé :

$$\varepsilon_0 = 0{,}0004911 \qquad \alpha = 0{,}00859.$$

Pour le second échantillon, il a trouvé :

$$\varepsilon_0 = 0{,}000482 \qquad \alpha = 0{,}00835.$$

En 1900 et 1904, l'étude du décrément logarithmique et de sa variation avec la température fut reprise aux laboratoires des Universités de Glasgow et de Birmingham.

Au commencement, le but principal que poursuivaient M. le professeur Gray[1] et MM. Beyth et Dunlop était de déterminer la variation du module d'élasticité pour différents métaux. Mais au cours de ces expériences, ces physiciens ont remarqué des phénomènes intéressants se rapportant à la viscosité. Ainsi, ils consacrent une assez grande partie de leur travail à étudier les phénomènes de la viscosité. Tout particulièrement, ils s'arrêtent à la question de l'accommodation de Streintz.

Ils étudient la vitesse de l'amortissement des oscillations provoquées par la torsion des fils en fonction de la température et des charges appliquées aux fils.

Ils obtienne l'échauffement des fils par l'injection de la vapeur d'eau dans des manchons cylindriques entourant le fil d'expérience.

Tous les résultats sont représentés graphiquement, en portant en abscisse les amplitudes et en ordonnée le nombre de vibrations qu'effectue chaque fil pour une diminution d'amplitude d'un certain nombre de degrés, et cela dans différentes conditions de température et de charges supportées.

Les amplitudes ont atteint parfois 80°. L'effet de la

[1] *Proceedings of the Royal Society of London*, V, 67, 1900.

température était le suivant : pour le *german silber*, l'amortissement est beaucoup plus rapide à 20° qu'à la température de 88°3. Mais cette diminution de l'amortissement avec la température paraît une exception ; pour les autres métaux, les résultats ont été inverses. Pour l'acier, à la température de 17°, l'amplitude diminuait dans vingt périodes de 80°, valeur initiale, à 55°. A la température de 89°, pour une période du même ordre, l'amplitude était descendue de 80° à 40°. Après soixante oscillations, les périodes correspondantes étaient de 25° et 13°.

Le décrément logarithmique pour les basses températures était indépendant de l'amplitude ; pour les températures supérieures, il variait dans le rapport 75 à 60.

Pour le *brass* (copper zinc), les expériences furent faites avec deux charges différentes, et on remarqua alors que la vitesse de l'amortissement est d'autant plus rapide que la charge est plus grande, et de même à toute température. Pour le *brass*, le décrément logarithmique restait indépendant de l'amplitude pour tous les cas. Des résultats analogues sont retrouvés par M. Gray pour le cuivre ; le décrément varie avec la charge. Après vingt oscillations, l'amplitude primitive de 80° est devenue :

63°	quand	la charge	était	3 lb	et la	température	18°3
48°	»	»	»	3	»	»	92°4
36°	»	»	»	12	»	»	19°3
26°	»	»	»	12	»	»	92°4
20°	»	»	»	18	»	»	19°
1°	»	»	»	18	»	»	92°8

Dans cette expérience, on a remarqué que le décré-

ment logarithmique pour les températures inférieures diminuait dans le rapport de 60 à 27, quand l'amplitude diminuait de 80° à 24°; pour les températures supérieures, au contraire, le décrément reste constant avec l'amplitude. Les mêmes observations furent refaites avec le cuivre électrolytique et le fer doux.

Pour ce dernier métal, on avait observé que la vitesse d'amortissement d'un fil est une certaine fonction de toutes les opérations faites sur le fil avant l'expérience donnée. On a alors trouvé après vingt oscillations :

	Température	Charge	Amplitude
le 15 mai,	13°6	12°7 lb	63 degrés
» »	93°9	12°7 »	17 »
le 16 mai,	15°6	18°7 »	46 »
» »	93°8	18°7 »	40 »
le 17 mai,	13°5	18°7 »	59 »

Ainsi le 16 mai et le 17 mai, on a remarqué à la température inférieure une grande différence dans la marche de l'amortissement.

En 1904, M. Horton[1] reprit la même question sous un autre point de vue. En déterminant les modules d'élasticité et de rigidité, il a déterminé simultanément les décréments logarithmiques des fils métalliques pour différentes températures. Les températures dans lesquelles les expériences furent faites étaient de 16°, 15°, 55°, 75°, 100° et 126°. Les températures inférieures étaient obtenues par la vapeur d'eau qui circulait autour du fil; les températures supérieures par les

[1] The effects of Change of Temperature on the modulus of Torsional Rigidity of Metal Wires. *Exhibition Research Scholar of the University of Birmingham.*

vapeurs de certains liquides bouillants sous la pression atmosphérique.

Les expériences portaient sur les fils de cuivre, fer, platine, or, argent, aluminium, zinc, cadmium, tous chimiquement purs.

M. Horton tire les conclusions suivantes de ses expériences :

a) La viscosité augmente avec la température pour tous les métaux, sauf pour l'acier et le fer doux ; cette variation avec la température est différente selon la nature du métal : elle était maxima pour l'aluminium et minima pour le platine. Pour le fil d'acier et celui de fer, la viscosité décroît rapidement et atteint son minimum à 100 degrés.

b) Par des échauffements et refroidissements répétés et par des oscillations prolongées, le décrément diminue de valeur.

c) La viscosité et la période de vibration croît avec l'amplitude ; les oscillations avec les plus grandes amplitudes produisent une certaine influence sur la valeur de la viscosité et de la durée d'oscillation, mesurée ensuite pour des amplitudes plus petites.

Telles sont, en traits généraux, les principales recherches sur le frottement intérieur des solides.

Nous avons repris ces recherches en y apportant certaines modifications et en élargissant les limites des températures. S. M.

II. Principe de la méthode.

Si un fil tordu qu'on abandonne à lui-même n'était soumis qu'à une réaction élastique, instantanée, pro-

portionnelle à l'angle de torsion, les oscillations du fil seraient rigoureusement isochrones et d'amplitude invariable. Il n'en serait pas de même pour des fils dans lesquels, outre la réaction élastique, le mouvement développe des forces de réaction dépendantes ou indépendantes de la vitesse du déplacement relatif des diverses parties du fil.

Dans ce cas, les amplitudes ne sont pas invariables. Elles décroissent avec une rapidité plus ou moins grande, dépendant de la force de réaction mise en jeu pendant le mouvement. Ce décroissement est généralement assez notable et ne s'explique que partiellement par le frottement de l'air ou par la transmission d'une certaine quantité d'énergie de mouvement aux corps environnants par le point de suspension du fil. Il reste encore une partie de l'amortissement que l'on ne peut expliquer que par un frottement intérieur du fil.

Si nous désignons par φ_n, φ_{n+1}, φ_{n+2} les amplitudes de trois oscillations consécutives, de manière que φ_n et φ_{n+2} soient des amplitudes décrites par le fil dans le même sens, et si nous prenons leur rapport, deux cas peuvent se présenter : ou bien ce rapport reste constant pour toutes les amplitudes, ou bien il varie.

On démontre en mécanique que, si le rapport de deux amplitudes consécutives est constant, les oscillations demeurent isochrones et les forces de réaction sont à chaque instant proportionnelles à la vitesse. Comme nous le verrons plus loin, dans nos expériences, nous avons fait en sorte que ce rapport reste sensiblement constant, et ainsi nous pouvons dire que le frot-

tement intérieur qui se présentait dans le phénomène de torsion était proportionnel à la vitesse. En outre, dans nos expériences, nous avons éliminé autant que possible l'influence de l'air; donc l'amortissement était dû spécialement à la viscosité du fil, et le rapport des amplitudes successives nous fournira la mesure de cette viscosité.

En effet, un tel système oscillant peut être représenté par l'équation différentielle :

$$\mathrm{K}\,\frac{d^2\alpha}{dt^2} + f\,\frac{d\alpha}{dt} + \mathrm{C}\,\alpha = 0$$

où $f\,\frac{d\alpha}{dt}$ est la force de viscosité ; K le moment d'inertie du système et C la constante de torsion. On sait que la solution de cette équation est :

$$\alpha = \alpha_0\, \mathrm{C}^{\frac{f}{2k}} \sin \omega\, t \text{ avec } \frac{\alpha_n}{\alpha_{n+2}} = e^{\frac{f}{2k}\mathrm{T}'} \text{ et } \mathrm{T}' = \frac{4\,\pi\, k}{\sqrt{4k\mathrm{C} - f^2}}$$

$$\text{d'où } \frac{f}{2\,k}\,\mathrm{T}' \log e = \log \frac{\alpha_n}{\alpha_{n+2}}$$

$$\text{ou } \mathrm{MT}' = \log \left(\frac{\alpha_n}{\alpha_{n+2}}\right) \text{ avec } \mathrm{M} = \frac{f}{2\,k} \log e$$ [1]

ainsi la différence logarithmique de deux amplitudes consécutives nous donnera $f\ e$, c'est-à-dire le coefficient de la viscosité.

Puisque le moment d'inertie reste constant pour toutes les températures, donc f est toujours proportionnel à M, qui est égal à son tour à $\frac{1}{\mathrm{T}'}\log \frac{\alpha_n}{\alpha_{n+2}}$ [1]

[1] $\frac{f}{2\,k}$ s'appelle le décrément logarithmique $= \lambda$.

Ainsi, la connaissance de T′ et de α pour chaque température nous permettra de trouver la variation du coefficient de viscosité.

III. Description de l'appareil.

L'appareil destiné à nos recherches devait satisfaire aux deux conditions suivantes : être étanche, de manière à ce que l'on puisse pousser le vide aussi loin que possible ; en second lieu, permettre une chauffe régulière dans tout l'appareil. Après plusieurs tentatives plus ou moins heureuses, nous sommes arrivés à la forme définitive de l'appareil que nous reproduisons schématiquement.

Corps de l'appareil. — Il se compose d'un long tube *TTTT*, à l'intérieur duquel est suspendu le fil en expérience *ff*. La partie supérieure de ce fil est assujettie à une pince *p*, fixée elle-même à une longue tige dont l'extrémité supérieure repose sur la tubulure *t* ; la partie inférieure, assujettie également par une pince *p*, porte une longue tige à l'extrémité de laquelle est fixée une pièce annulaire en laiton *A* et le miroir *M*, destiné à permettre la lecture des oscillations. La partie inférieure de l'équipage mobile est enfermée dans un cylindre en laiton *BB*, primitivement en verre, dans lequel est mastiquée une glace plane *gg* ; ce cylindre peut être fermé hermétiquement à la partie inférieure par une plaque rodée *PP* ; il est relié d'autre part au tube d'expérience par un joint conique rodé avec soin. La tubulure *t′* permet de mettre l'appareil en communication avec la trompe à eau et de faire le vide à l'intérieur. Le bouchon rodé *O* permet d'ouvrir la partie

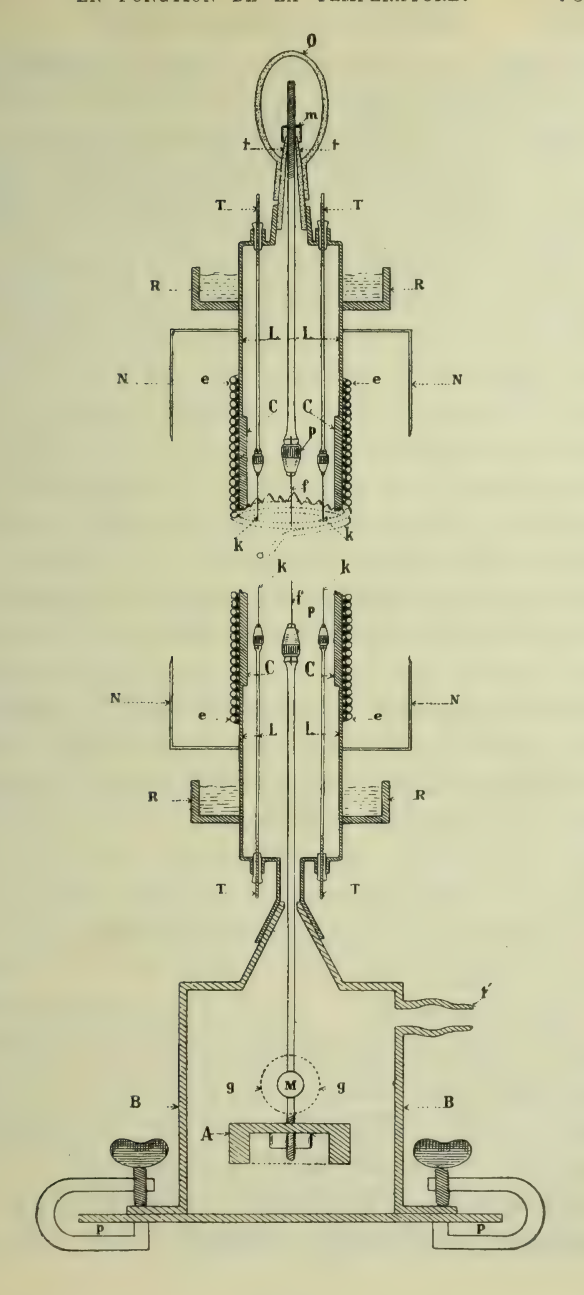


fig. 1.

supérieure de l'appareil et de régler la position du miroir en faisant tourner la tige.

Pour obtenir une chauffe régulière sur toute l'étendue du fil, nous avons adopté le dispositif suivant : la partie centrale du tube *LLLL* est formée par un tube de cuivre *CCCC* à paroi épaisse et de 50 cm. de longueur ; à ses extrémités sont soudés deux tubes à parois minces en laiton *LLLL* de 12 cm. de longueur, de façon à obtenir une température à peu près uniforme à l'intérieur du tube de cuivre, tout en réduisant l'importance des échanges longitudinaux de chaleur entre le tube de cuivre central et les tubes minces en laiton soudés à ses extrémités. Deux manchons *RRRR* remplis d'eau et de glace étaient destinés à empêcher la chaleur de parvenir aux joints supérieur et inférieur de l'appareil. Le dégagement de chaleur était produit par un enroulement bifilaire en fer *eeee* recouvrant le tube de cuivre et une petite partie des tubes en laiton ; l'isolement était assuré par du carton d'amiante. Enfin, le tout était enfermé dans un manchon *NNNN* rempli de kieselguhr, de façon à éviter le courant de convection tout autour du tube et à empêcher que la partie supérieure du tube ne s'échauffât plus que la partie inférieure.

Voici maintenant quelques détails sur les diverses parties du tube.

Suspension des fils. — La partie supérieure de l'appareil se terminait par un tube conique en verre *tt* et sur celui-ci était mastiquée une petite chape *m*, destinée à porter le fil d'expérience. Cette chape mobile permettait de ramener dans la position voulue le fil *ff* avec le miroir qu'il supportait. Le fil même *ff* n'occupait que la partie centrale du tube de cuivre ; les deux

extrémités du fil étaient fixées à deux tiges, par l'intermédiaire de deux pinces. La tige inférieure était libre et portait le miroir *M* et la charge *A*. La longueur de cette tige était de 46 cm. et elle pesait 23 gr. 62.

Mise en mouvement. — Puisque le fil était enfermé dans l'appareil, il fallait pour le mettre en mouvement le tordre, en lui donnant une impulsion depuis l'extérieur. Dans ce but, la pièce annulaire *A* portait deux petits clous en fer. On approchait de l'appareil un électro-aimant excité par le courant d'un accumulateur. Chaque fois qu'on établissait le courant, les clous étaient attirés et le fil était ainsi tordu. Ce moyen permettait de tordre les fils toujours du même angle et de les arrêter au moment voulu. Après avoir mis le système en mouvement, l'électro-aimant était éloigné, pour qu'il ne produise pas de perturbations sur le mouvement.

Appareil et mode de chauffe. — La partie centrale du tube *LLLL* était entourée de papier d'amiante sur lequel était enroulé bifilairement un fil de fer *eeee*. Le fil de fer, à son tour, était recouvert de papier d'amiante pour le protéger contre l'oxydation. Ce fil de fer était parcouru par un courant électrique variant de 2 à 7 ampères. En utilisant convenablement les rhéostats, on obtenait des températures variant entre 15 et 400 degrés centigrades.

Thermomètre. — Pour déterminer la température, nous nous sommes servis de thermomètres à résistance de platine. Après diverses modifications, nous sommes arrivés à donner au thermomètre la forme suivante : le tube *LLLL* porte à chaque extrémité, indépendemment de la tubulure centrale, deux tubulures latérales

TTTT servant à l'entrée et à la sortie des deux fils de platine *KKKK* du thermomètre. La longueur des fils du thermomètre ne dépassse pas la longueur du fil d'expérience. Aux deux extrémités de chacun des fils *KKKK*, sont soudées à l'argent deux tiges de cuivre *TTTT*. Ces tiges s'engageaient de part et d'autre dans des bouchons de caoutchouc logés dans les tubulures latérales. Quand on fait le vide dans l'intérieur de l'appareil, les bouchons de caoutchouc, par la pression extérieure, se compriment et ferment hermétiquement en faisant adhérer les tiges de cuivre contre les bouchons ; les rentrées d'air n'étaient donc pas à craindre. Nous avons gradué séparément chaque branche du thermomètre, celle de gauche et celle de droite: Nous avons déterminé leur résistance à la température de la glace et de l'eau bouillante pour chaque branche séparément et pour les deux ensemble en les réunissant en série. Les résultats obtenus ont été les suivants :

	Résistance à 0°		Résistance à 99°.9	Coeff. de var.
fil N° 1	5.328		5.853	0.0009862
fil N° 2	5.434		5,978	0.001017
fils 1 et 2	10.772	calculée	11.831	0.0010016
fils 1 et 2	10.709	trouvée	11.804	0.001057

Pour la détermination de la température, nous les avons toujours employés en série.

Le circuit du pont de Wheatstone. — Les fils du thermomètre étaient intercalés dans un pont de Wheatstone. Deux boîtes de résistance de 10 ohms chacune étaient disposées aux extrémités de la corde du pont. Le circuit comprenait en outre une résistance de comparaison, un galvanomètre et une pile de Daniell. Toutes les résistances employées dans nos expériences, ainsi

que celle de la corde du pont, ont été comparées aux bobines d'une boîte de résistance de Carpentier garantie au millième. Le pont ainsi disposé présentait de grandes facilités pour la lecture des températures : le galvanomètre était rendu sensible à une variation correspondant à $^1/_{100}$ de degré ; la précision était naturellement beaucoup moindre.

Appareil pour faire le vide. — La tubulure *t* était reliée directement à une trompe à eau. Le vide atteignait 20 mm. On faisait fonctionner la pompe même pendant les expériences, sans qu'elle troublât les oscillations. Le vide était marqué par un manomètre de Regnault, disposé en dérivation sur l'appareil.

Lecture des amplitudes et durée d'oscillation. — La lecture des amplitudes était faite par la méthode de Poggendorf. On déterminait la durée des oscillations à l'aide d'un chronographe.

Mesure des diamètres des fils employés. — Les diamètres des fils étaient mesurés avec un microscope muni d'un oculaire micrométrique. On a préalablement contrôlé le pas de la vis du micromètre et ensuite mesuré le diamètre des fils dans la partie supérieure, inférieure et médiane, et on a pris la moyenne.

Ainsi $^1/_{10}$ de millimètre correspond à 5,651 tours de la vis du micromètre : les diamètres de fils ainsi déterminés, étaient les suivants :

	Part. supér.	Part. méd.	Part. inf.	Val. moy. du diamètre en tours du micromètre	Val. moy. du diamètre en millimètres
Fil de platine	5.112	5.105	5.204	5.140	0.1443
» d'argent	6.925	6.907	6.995	6.942	0.1949
» d'or	7.005	6.973	7.263	7.080	0.1988
» de cuivre	7.279	7.071	7.117	7.152	0.2008
» d'acier	3,784	3.848	3.724	3.785	0.1063

IV. Etudes préliminaires.

En étudiant les propriétés des solides, on rencontre des difficultés qui sont entièrement étrangères aux autres états de la matière. Il est impossible de caractériser par des coefficients numériques un solide sans indiquer les conditions précises dans lesquelles ces coefficients ont été mesurés, et même sans indiquer le traitement préalable du métal, un même solide étant susceptible de différents états d'agrégation. A chacun de ces états d'agrégation correspondent des propriétés mécaniques particulières. Conséquemment, l'effet d'une force dépend non seulement de sa grandeur et de son mode d'application, mais encore du temps pendant lequel elle agit et des actions mécaniques auxquelles le corps a été précédemment soumis. Comme nous l'avons vu dans l'aperçu historique, le décrément logarithmique, lui aussi, est une quantité qui dépend pour ainsi dire de toute l'histoire du fil et, puisque nous poursuivons le but de déterminer les décréments logarithmiques pour différentes espèces de fils métalliques pour les comparer ensuite entre eux, nous avons consacré une grande partie de nos recherches à des études préliminaires, étudiant la variation du décrément avec le temps, la pression de l'air et l'amplitude des oscillations.

a) *Variation du décrément avec le temps.*

Nous avons suspendu un fil de platine de 0,13 mm. de diamètre et de 38 cm. de longueur. En le faisant osciller, nous avons observé les amplitudes afin de déterminer leur rapport. Comme on ne pouvait apprécier par la lunette que le quart de millimètre de l'échelle,

nous avons toujours pris la moyenne de quelques premières oscillations et la moyenne du même nombre d'oscillations postérieures, en laissant s'écouler entre ces deux mesures un certain nombre d'oscillations. De cette façon, les amplitudes s'amortissent, elles aussi, d'un certain nombre de millimètres de l'échelle, et l'incertitude de la lecture d'amplitude n'influence que sur le centième. Pour ce fil de platine, nous avons pris le rapport de la moyenne des cinq premières oscillations (1 cm. à 5 cm.) à la moyenne des dernières (vingt-sixième à la trentième). Les amplitudes ont diminué de 40 mm. Nous avons toujours pris pour ce fil le même nombre d'oscillations et cherché le logarithme du rapport des oscillations.

Premièrement, nous avons cherché à nous rendre compte de l'influence du temps. La durée T′ restait sensiblement constante, mais $\log \frac{\alpha_n}{\alpha_{n+2}}$ variait avec le temps; il en était par conséquent de même de λ. Ces expériences ont été faites avec les mêmes amplitudes, presque à la même pression atmosphérique et à la même température. La première expérience fut faite immédiatement après la suspension. Voici les résultats :

Date	Température	Pression	$\log \frac{\alpha_n}{\alpha_{n+2}} = \lambda$
18 décembre	11.65	733	log. 0.04081
19 »	13.3	735	4042
20 »	14.9	735	4034
12 janvier	12.6	732	3821
15 »	12.6	743	3825
16 »	12.6	740	3815
19 »	12.6	733	3778
22 »	12.6	733	3691
23 »	12.6	736	3630

Ainsi nous remarquons que pendant 37 jours la valeur de λ (décrément logarithmique) est tombée de 11 °/₀. Après le 23 janvier, nous avons toujours observé le même rapport, à quelques millièmes près. La variation de la température est insuffisante pour expliquer la variation du rapport ; car nous l'avons ensuite chauffé et, pour une différence de température de 48°, le rapport des amplitudes variait de 0,005, c'est-à-dire, pour un degré, de 0,0001.

Cette variation du rapport avec le temps à partir duquel le fil a été suspendu s'effectue beaucoup plus vite si le fil est recuit avec sa charge, et la limite du rapport est beaucoup plus rapidement obtenue. Avant et après le recuit, ce rapport est différent : pour l'argent, par exemple, il varie de 60 °/₀.

	Avant le recuit	Après le recuit	
	λ		λ
Argent	0.1303	à 260°	0.0524
Or	0.05058	à 250°	0.01930
Platine	0.02932	à 400°	0.02820

En continuant les observations sur ce fil de platine après son recuit, on a trouvé :

	λ
10 mars	0.02820
12 »	2800
13 »	2780
15 »	2757
16 »	2756
16 avril	2674

Ici, durant 38 jours, le rapport a diminué seulement de 5 °/₀. Ainsi, pour que le décrément prenne plus rapidement une valeur fixe, *nons avons toujours com-*

mencé par recuire les fils avec leur charge à la température la plus élevée qu'ils pouvaient supporter sans se déformer.

b) *Variation du décrément avec la pression atmosphérique.*

Nous avons fait le vide dans l'appareil et déterminé successivement le rapport des amplitudes dans le vide et à la pression atmosphérique. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

Durée d'oscillation	Pression en mm	λ	Pression en mm	λ	°/₀	Fil
17 sec. 6	741.9	0,03830	20	0.03502	8.5	platine
	740	0.03815	25	3451	9.5	»
	743	3778	25	3443	8.9	»
11 sec. 9	734	3003	20	2752	8.3	»
	733	3021	17	2751	8.9	»
10 sec. 4	724	3509	25	3254	7.2	argent
	724	3524	51	3322	5.7	»
9 sec. 2	718.5	2839	38	2580	9	or

Ainsi le décrément dû à la pression atmosphérique ne dépassait pas, dans nos expériences, le 10 °/₀ de la valeur totale du décrément. On sait que pour une différence de pression approximativement la même, le décrément dû à la pression reste à peu près invariable. Nous avons voulu aussi déterminer la variation de la valeur du décrément en fonction de la pression atmosphérique, et nous avons remarqué que ce n'est pas une fonction linéaire ; ainsi la variation du décrément avec les grandes pressions parait moins rapide qu'avec les petites, ainsi :

Pression	$\log \frac{\alpha}{\alpha_{25}}$
733	0.03778
534	3664
320	3563
121	3476
22	3364

Dans nos expériences, les corrections de pression étaient négligeables, particulièrement aux températures élevées. *D'ailleurs, nous avons fait nos expériences définitives dans un vide partiel, et cela pour avoir une chauffe assez régulière et pour que les courants de convection de l'air ne viennent pas troubler nos résultats ; le décrément dû à l'air était donc négligeable.*

c) *Variation du décrément avec l'amplitude.*

En dernier lieu, nous avons voulu vérifier la loi de Gauss relative à l'influence de l'amplitude. Nos amplitudes ont atteint la valeur maximum de 5°; nous les avons divisées en deux groupes : *les amplitudes plus grandes*, qui allaient de 5 à 3 degrés et qui marquaient sur l'échelle 40 à 25 cm., et *les amplitudes plus petites*, atteignant 3 degrés, soit sur l'échelle de 25 à 12 cm. En expérimentant dans l'air atmosphérique, nous avons toujours constaté une augmentation du décrément avec l'amplitude. Cette différence diminuait avec le temps, mais néanmoins on l'observait lors même que la valeur du décrément restait constante.

Pour constater cette différence, nous avons déterminé le décrément moyen pour cinq expériences avec les plus grandes amplitudes, et pour cinq expériences avec les plus petites. Ainsi, à la pression atmosphérique, nous avons trouvé :

Durée d'oscill.	Pression atmosph.	log $\frac{\alpha_n}{\alpha_{n+2}}$ pr l'ampl. 25-40	log $\frac{\alpha_n}{\alpha_{n+2}}$ pr l'ampl. 25-11	% du rap.	Nature du fil
17 sec. 6	734	0.4081	0.04020	1.05	platine
»	735	4043	4028	0.34	»
»	735	4034	4017	0.42	»
»	743	3848	3819	0.57	»
»	740	3815	3795	0.52	»
»	743	3778	3758	0.53	»
11 sec. 9	738	3313	3278	1.05	»
»	739	3021	2978	1.42	»
10 sec. 4	724	3509	3451	1.65	argent
»	724	3524	3488	1.02	»
9 sec. 2	718	2839	2771	2.39	or

Ce tableau nous montre qu'on a toujours une différence entre les grandes et les petites amplitudes. Immédiatement après la suspension, la différence observée dans la valeur du décrément était de 1 °/₀ et même 2 °/₀ pour un fil d'or. Comme nous l'avons vu, cette différence diminue avec le temps, mais elle ne devient jamais inférieure à 0,5 °/₀ à la pression atmosphérique.

Comme nous le verrons au tableau suivant, cette différence est bien moindre pour les basses pressions.

Durée d'oscill.	Pression	log $\frac{\alpha_n}{\alpha_{n+2}}$ Grandes amplitudes	Petites amplitudes	% de diff.	Genre de fil
17 sec. 6	24	0,3801	0.03794	0.02	platine
»	20	3502	3498	0.01	»
»	22	3364	3361	0,01	»
»	25	3443	3438	0.01	»
11 sec. 9	20	2752	2763	0.03	»
»	15	2751	2762	0.03	»
10 sec. 4	25.5	3254	3241	0.04	argent
»	25.5	3255	3252	0.01	»
9 sec. 2	38	2580	2571	0.03	or

La variation du décrément n'atteint plus que 0,04 °/₀ et *on peut, par extrapolation, admettre que dans le vide absolu et après un temps de suspension suffisant, la différence du décrément entre ce que nous avons appelé les grandes et les petites amplitudes (soit 5 degrés) serait nulle.* En même temps, remarquons que dans l'air, la différence entre les grandes et les petites oscillations croît rapidement avec la vitesse d'oscillation ; ainsi pour le fil d'or, où la durée d'oscillation est de 9″2, la différence est 2,4 °/₀, tandis que pour le fil de platine, où la durée est 17″7, la différence est 0,6 °/₀.

Ainsi, en opérant dans le vide, nous avons encore un avantage, celui d'avoir une force résistante au mouvement, proportionnelle à la vitesse, car, comme nous venons de le remarquer, le décrément est fixe dans le vide, au moins pour les amplitudes ne dépassant pas 5 degrés.

De là résulte que, pour les petites oscillations, le frottement intérieur qui se développe dans nos fils pendant la torsion est bien proportionnel à la vitesse.

(A suivre.)

THERMOMÈTRES SPÉCIAUX

PAR

Félix LECONTE

Ingénieur-conseil à Bruxelles

Pour les essais de température des machines électriques, nous avons fait construire des thermomètres spéciaux en verre, à masse de mercure réduite. Ces thermomètres peuvent s'appliquer sur les collecteurs et bagues des machines pendant la rotation, et permettent d'établir la courbe de température de l'organe mis en observation.

Le réservoir a 17 mm. de hauteur sur 4 à 5 mm. de diamètre. Il peut facilement s'introduire dans les bobinages d'induits et entre les spires des machines à courants alternatifs. Le verre est très mince, 0,5 mm. environ. Il en résulte que ce thermomètre prend la température du milieu en quelques secondes et suit les fluctuations de température avec une parfaite fidélité. Placé dans la colonne d'air chaud qui monte d'un calorifère à charbon, ce thermomètre est continuellement en mouvement.

La colonne de mercure est très fine, mais cependant visible à 30 ou 40 cm. de distance. Dans l'appareil de 100 d., la longueur de l'échelle pour 10 d. est de 15 mm. On peut lire avec sécurité 0,2 degré. La lon-

gueur totale est de 27 cm., y compris l'œillet en verre. Nous le construisons pour 100 d. et pour 150, en Celsius seulement. Le tube est rempli d'azote comprimé, de manière que la colonne de mercure ne se sépare jamais.

Nous avons essayé des thermomètres de formes et de principes divers avant de nous arrêter à l'appareil précédent. Comme il est toujours utile pour les chercheurs de connaître les dispositifs qui refusent la réussite, nous en dirons quelques mots.

Nous avons fait exécuter des thermomètres suivant les fig. 1 et 2 ci-contre.

Dans l'appareil fig. 1, des bouts de platine *3* traversent le verre *1* et sont soudés *4* à l'extérieur à des feuilles d'argent fin flexibles *5*. La soudure est à l'argent et au titre de $^{8}/_{10}$; on sait qu'il faut toujours, entre l'argent à souder et la soudure, $^{1}/_{5}$ de différence comme titre.

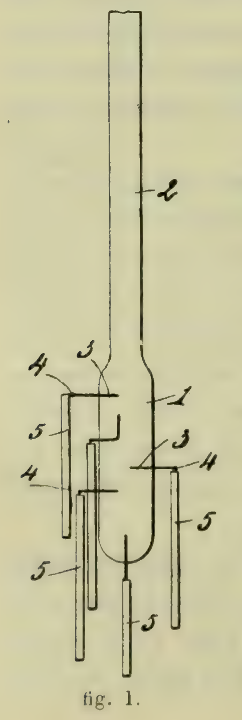


fig. 1.

L'ordre par conductibilités décroissantes étant or, platine, argent, cuivre, fer, on peut croire que nous sommes dans d'excellentes conditions pour supposer que le corps touché par les lames d'argent communiquera rapidement sa chaleur au mercure. Il n'en est rien, et ce thermomètre monte avec une vitesse dix fois moindre que le premier modèle décrit, analogue aux thermomètres

médicaux. Il est à noter que la boule, dans les essais, était appliquée en même temps que les lames d'argent sur le corps à observer.

Cette lenteur résulte 1° de ce que le verre du réservoir est épais à cause des fils de Pt que l'on doit y souder ; 2° de ce que les feuilles d'Ag rayonnent de la chaleur.

Le modèle fig. 2 obvie en partie à ce dernier inconvénient. La feuille d'Ag *6* forme une cuvette autour du réservoir *1* ; il y a donc un matelas d'air qui pourrait servir à maintenir la température autour de la boule. Ce thermomètre est aussi très lent. Nous avons fait exécuter un troisième modèle, où une couche de cuivre est déposée par galvanoplastie sur le réservoir même et communique avec le mercure par des fils de Pt traversant le verre. Les bouts antérieurs de Pt sont couverts de soudure à l'Ag, sur lequel le Cu galvanoplastique adhère. Cet appareil ne vaut pas plus que les deux précédents.

Nous avons fait l'expérience suivante :

Dans un broc en métal rempli d'eau à 60 degrés, nous plongeons un thermomètre fin décrit en tête et des thermomètres des modèles 1, 2 et 3. Tous les thermomètres arrivent à 60 degrés, ces derniers plus lentement, comme nous l'avons déjà dit. Les appareils sont donc bien étalonnés et tous d'accord.

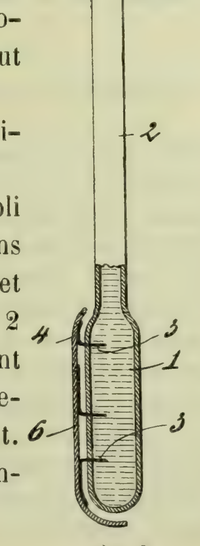


fig. 2.

Si nous les appliquons alors sur la paroi extérieure du broc, le thermomètre fin marque toujours 2 à 3 degrés de plus que les autres. Le modèle 2 avec cuvette est en retard de 5 degrés. Cela prouve que les parties métalliques rayonnent et refroidissent le réservoir.

Avec un thermomètre à verre épais, on n'atteint jamais une température aussi élevée qu'avec nos thermomètres fins.

Nous devons en conclure, pour la mesure par contact des températures des solides :

1° que les indications relevées actuellement avec des thermomètres ordinaires sont toujours en dessous de la température vraie.

2° que notre thermomètre fin comporte aussi une erreur, mais se rapproche plus de la vérité.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 15 avril 1908.

Louis Pelet. Teintures successives. — Paul Dutoit et Duboux. Méthode de dosage des sulfides, du tannin et de l'acidité des vins. — Linder. Trombes.

M. Louis Pelet parle des *teintures successives.*

MM. Paul Dutoit et Duboux exposent leur méthode de *dosage simultané des sulfides, du tannin et de l'acidité des vins.*

M. Linder, de St-Imier, communique l'observation suivante :

Le 5 octobre 1907, après avoir passé Gibraltar l'avant-veille, à bord du *Hamburg*, le Dr Linder a observé au nord, direction Baléares-Golfe du Lion, deux trombes successives à 9 heures du matin, par environ 38°30′ de latitude et 7° longitude est de Greenwich (point pris à midi), à 370 milles de Naples. Les phases successives de ces trombes ont pu être suivies par le dessin et même en partie photographiées : descente de la colonne de nuage et aspiration de l'eau de la mer, rencontre apparente des colonnes ascendante et descendante, rotation de l'eau dans la colonne suivant le sens des aiguilles de montre, étranglement, amincissement et évanouissement de la trombe après une courte tendance à se reformer. Le phé-

nomène peut avoir duré dix minutes, mais s'est produit à trop grande distance pour qu'il ait été possible d'entendre le bruit caractéristique que signalent d'autres observateurs.

La veille déjà, il y avait eu des trombes, plus fugitives et plus éloignées, au sud, vers l'Afrique, et l'atmosphère avait été bouleversée pendant la nuit par de nombreux orages tout autour de l'horizon, tandis que le ciel restait clair au zénith.

Le lendemain, une libellule, des rouge-queue et rouge-gorge, une espèce de colombe, un engoulevent et un sphinx macroglosse viennent, sans doute chassés par les orages de la veille, se réfugier sur le bateau qui se trouve à au moins 100 km. de toute terre.

Séance du 6 mai.

Martinet. Une déformation héréditaire du raygrass anglais. — F.-A. Forel. Ascension d'un ballon-sonde. — Paul-L. Mercanton. Etude comparative de quelques lunettes de glacier. — Paul Dutoit et Duboux. Méthodes physico-chimiques d'analyse des vins. — Mercanton. Compression et décompression exercées par les avalanches sur les corps vivants ou inertes. — Henri Blanc. Protopterus annectens. — Perriraz Biologie et biometrie de Primula vulgaris.

M. Martinet parle d'abord d'*une déformation héréditaire du raygrass anglais.*

Il a constaté que le *lolium perenne* présentait quelquefois, surtout le long des petits sentiers ou chemins, des épis anormaux, branchus ou compacts au sommet. Des graines de ray-grass anormal semées en 1903, ont donné, en 1904, le 77 % de plantes semblablement anormales et 23 % de plantes à épis normaux.

M. Martinet attribue la déformation du lolium au piétinement qui blesse les tissus et provoque des déformations; celles-ci sont donc héréditaires.

Ce fait vient confirmer les constations de Claringhen avec le maïs et d'autres plantes sur les mutations dues au traumatisme.

D'après M. Martinet, les meurtrissures détermineraient un afflux de nourriture sur certaines parties de la plante ; de là les fasciations, déformations de l'épi. Il rapproche ce phénomène de ceux de la panicule uni-latérale chez l'avoine, de l'épi en massue chez le blé, de la triflorité et des ramifications partant du nœud supérieur dans l'avoine, reconnus comme caractères de productivité ou de bonne alimentation.

M. Martinet a observé des déformations analogues sur le dactyle, la fétuque et le brome, toujours au bord des chemins ou sentiers.

Puis M. Martinet parle de la *Coloration de la coléoptile du blé.* On appelle coléoptile, coléophylle ou piléole, la gaîne qui protège la première feuille des céréales ; elle se présente d'abord comme calotte protectrice qui se fend ensuite pour laisser passer la feuille dès qu'il n'y a plus de danger, plus de terre à traverser.

M. Martinet a constaté que la coléoptile pouvait être différemment colorée en rouge, vert, ou vert-rougeâtre et que la nuance de la première graine du blé qui lève était un caractère héréditaire.

C'est en même temps qu'un indice d'hérédité, un *indice de variation*, car M. Martinet a observé que lorsque les graines issues d'une même plante donnaient des coléoptiles autrement colorées que celle de la plante-mère, les plantes présentaient aussi des modifications ou variations dans la nature et la couleur de l'épi. Les variations de nuance de la coléoptile peuvent être utilisées par le sélectionneur comme indice pour étudier les variations ultérieures de la plante adulte.

A propos de la communication qui précède, M. S. Bieler croit devoir faire observer que les caractères acquis par suite d'actions mécaniques peuvent très bien être héréditaires malgré les théories négatives que l'on a émises sur ce sujet.

M. Bieler cite le cas de l'amélioration de la forme de l'origine de la queue des bêtes bovines de notre pays. La queue avait été déformée par procédés mécaniques, au

commencement du XIX[e] siècle, et comme on a constaté l'inconvénient des *queues en panache,* depuis une cinquantaine d'années on a cherché à modifier ce défaut par des procédés mécaniques et, l'hérédité s'en mêlant, le dit défaut a généralement disparu.

M. F.-A. Forel communique une lettre du 30 mars 1908, de M. Léon Teisserenc de Bort, directeur de l'Observatoire de Trappes, près Paris, racontant *l'ascension d'un ballon-sonde* qui est venu tomber le 7 mars à Mont-la-Ville, près l'Isle, sur le flanc sud-oriental du Jura vaudois. Ce ballon en papier, de 123 m^3 de capacité, de 6 mètres de diamètre, rempli d'hydrogène, avait 44 kg. de force ascensionnelle; sa nacelle portait un baromètre et un thermomètre enregistreurs.

Il a été lancé à Trappes (Seine-et-Oise, le 7 mars à 4 h. 20 matin, sur le flanc sud-occidental d'une légère dépression cyclonique dont le centre était sur la Mer du Nord ; il a fait dans la direction du S.-E. un voyage de 120 km., à raison de 11 m. 2 sec., soit 40 km. par heure.

En 30 minutes le ballon a atteint l'altitude de 8000 m., où il a trouvé une température de —42.0° ; la température initiale de Trappes à l'altitude de 171 m., étant + 4.2°, le gradient thermique d'altitude était 0,590 m. pour 100 m. de dénivellation. A partir de 8000 mètres jusqu'à 12370 m., point culminant de l'ascension, où la température minimale atteint était —47.0°, le gradient d'altitude n'était plus que 0.11° pour 100 m. La décroissance thermique y était donc plus de cinq fois plus faible que dans les couches inférieures. A deux reprises le ballon a traversé des couches d'inversion thermique, peu accentuées.

La couche isotherme était ce jour-là à l'altitude de 8 kilomètres.

M. Paul-L. Mercanton a fait une étude comparative de quelques *lunettes de glacier* usuelles, au point de vue de leur efficacité contre l'opthalmie due à la réverbération

solaire sur la neige. Il paraît de plus en plus certain que cette opthalmie est purement superficielle et due comme les brûlures de la peau par le soleil ou l'arc électrique, aux radiations de faibles longueurs d'ondes du spectre. Les lunettes à neige doivent protéger les tissus contre ces radiations sans trop affaiblir la luminosité des objets regardés.

De nombreuses comparaisons au spectroscope et au papier photographique, il ressort que dans l'ordre d'efficacité protectrice décroissante les lunettes à neige actuellement dans le commerce (la plupart des échantillons examinés provenant de MM. Och frères, articles de tourisme, à Lausanne), se rangent comme suit : lunettes vert-jaune, fumées polychroïques (à teinte grise sur simple épaisseur, à teinte lie de vin rouge quand elles sont doublées), jaune-ambrée, fumées ordinaires, bleues, ces dernières d'ailleurs tout à fait inefficaces.

Au point de vue de la luminosité, les jaunes l'emportent.

M. le D[r] Gonin, médecin oculiste, complète cet exposé par quelques renseignements historiques et cliniques. Il vante le charme du paysage par les lunettes jaunes et leur avantage pour la pratique du ski.

Il présente enfin quelques paires de besicles à verre vert, dites conserves, dont l'une très ancienne.

MM. Paul Dutoit et Duboux communiquent la suite de leurs recherches de méthodes physico-chimiques d'analyse des vins. Il s'agit cette fois de la détermination des acides et des bases volatiles du vin. (Voir Comptes rendus de la Société de chimie de Lausanne.)

Une longue discussion s'engage entre spécialistes à ce sujet.

Puis M. Mercanton développe brièvement l'explication qu'il propose d'un effet particulier de compression et de décompression brusques exercé par les *avalanches de neige mouillée* sur les corps, vivants ou inertes, qui s'y trouvent engagés.

Dans leurs récits les personnes rescapées de telles avalanches font ressortir qu'au moment même où la neige qui enveloppait leur corps s'est arrêtée dans son mouvement, en se tassant, elles ont éprouvé une compression brusque, d'intensité insupportable, immédiatement suivie d'une décompression pareillement brusque et libératrice, quoique le sinistré reste fermement emprisonné dans une gaîne de véritable glace.

Ce fait curieux n'a pas été expliqué jusqu'ici. M. Coaz l'attribuait à une contraction de la masse. M. Mercanton fait voir qu'il y a là au contraire une simple conséquence du regel. En se solidifiant la couche d'eau qui mouillait les grains de névé provoque une expansion de la masse, à un taux égal dans toutes les directions, et qui, par conséquent, augmente dans la même proportion toutes les dimensions d'un volume quelconque considéré au sein de la masse. Le volume en augmentant reste donc semblable à lui-même, et une cavité quelconque s'agrandit comme si elle était pleine.

Le calcul montre que l'expansion ainsi provoquée peut être suffisante pour expliquer la décompression observée.

M. Henri BLANC, professeur, présente à la Société plusieurs objets nouveaux qui ont été offerts au Musée zoologique; ce sont, entre autres, quatre cocons du *Protopterus annectens* provenant de la Gambie, contenant ce poisson singulier qui s'enfonce dans la vase pendant la saison estivale lorsque les rivières et les marais se dessèchent et qui se protège contre la dessiccation complète en sécrétant autour de son corps une enveloppe faite de mucus qui durcit.

D'après de récentes recherches, on sait que le Protoptère, lorsque le moment de la reproduction est arrivé, fait dans la vase un trou destiné à recevoir à peu près un millier d'œufs que le mâle surveille avec attention. L'éclosion a lieu huit jours après la ponte et les petites larves qui respirent surtout à l'aide de leurs branchies externes se tiennent parmi les plantes aquatiques auxquelles elles

peuvent se fixer à l'aide d'une petite ventouse ventrale qui disparaît plus tard. Ce n'est qu'après sept semaines que les jeunes larves de Protoptères peuvent, comme leurs parents, respirer de l'oxygène de l'air libre à l'aide de leur vessie natatoire transformée en un sac pulmonaire. M. Blanc remercie M. Gorgerat qui a bien voulu lui faire cadeau de ces cocons en lui promettant de lui en envoyer d'autres l'année prochaine.

En souvenir de son récent voyage à Ceylan et à Sumatra, M. W. Morton, adjoint à la direction du Musée zoologique, lui a offert une collection de 60 espèces de poissons marins et d'eau douce avec divers lots de beaux reptiles d'Amphibiens, de Myriopodes et de Crustacés conservés en alcool.

Un vaudois, M. Brun, prospecteur d'une grande société minière de la République Argentine, a envoyé au Musée zoologique plusieurs représentants de la faune de ce pays : quatre peaux de Guanaco, un superbe Condor des Andes, un Nandou mâle et la ponte qu'il couvait, et plusieurs autres oiseaux qui seront naturalisés.

M. Blanc démontre encore un cas typique de cyclopie présenté par un jeune porc qui faisait partie d'une portée de onze petits mis bas par une truie du 14 avril, chez un agriculteur habitant La Robellaz sur Yverdon. Cet animal, qui n'a vécu que quelques minutes, a les yeux confondus en un seul médian situé en dessous du frontal montrant à travers une cornée commune deux cristallins séparés. Au-dessus de l'œil médian, se voit le nez qui a été déplacé mais prolongé en une petite trompe consolidée par des cartilages, et au-dessous de la région visuelle on remarque une mâchoire supérieure très courte, atrophiée. Dareste a reconnu que le cerveau des cyclopes a subi un arrêt dans son développement ; il est transformé en une vésicule plus ou moins grosse, pleine de liquide ; de là leur incapacité vitale. Ce sujet intéressant, bien conservé dans un mélange d'alcool et de formaline fait partie de la collection des monstruosités du Musée zoologique.

M. Perriraz. *Biologie et biométrie de « Primula vulgaris »*.

Parmi les plantes caractéristiques des bords du Léman se trouve *Primula vulgaris.* Elle habite en très grande quantité la région Lausanne-Villeneuve, elle dépasse rarement la ligne de partage des eaux entre le bassin du Léman et celui de l'Aar. Elle acquiert son développement maximum dans les clairières ; la nature du terrain influe peu sur sa croissance. Le développement des formes brachystylées et dolichostylées n'est pas le même ; on observe des différences très marquées dans certains caractères des deux formes : style, stigmate, grains de pollen ; une dizaine d'insectes visitent cette espèce.

Au point de vue biométrique 3 mesures ont été faites :

1° Longueur du tube corollaire qui donne une courbe normale à 1 sommet.

2° Hauteur du stigmate, courbe à 2 sommets dont l'un est plus accentué que l'autre.

3° Hauteur des insertions staminales, courbe semblable à la précédente, mais dont les sommets sont en position inverse.

Séance du 3 juin.

F.-A. Forel. Statistique de la pêche dans le Léman. — Mlle K. Andrews. Flore fossile trouvée au Soleil-Levant. — Pelet. Etat micellaire de diverses matières colorantes. — Mercanton. Photographie du Diplodocus. — Jeannet. Phénomène optique. — Maurice Lugeon. Tectonique des Préalpes internes. — Th. Biéler-Chatelan. Dimorphisme du soufre.

M. F.-A. Forel parle de la statistique de la *pêche dans le Léman,* d'après les notes des marchands de poissons. En 1907, il y a à signaler une augmentation notable dans la quantité de la perche et des poissons-blancs, une diminution peu importante, mais continuant celle des années précédentes, dans la quantité de la féra. Il est grandement temps de réparer par une pisciculture énergique des corégones les ruines que le « Grand pic » a faites dans les réserves des féras, autrefois la richesse de notre lac.

La pisciculture de la féra, qui fraie dans les grands

fonds du lac, est difficile et n'est pas encore amenée à une pratique utile ; celle de la Gravenche, qui fraie « en beine » dans le littoral, est plus profitable. Mais la Gravenche ne se trouve plus qu'en quantité minime, dans ses frayères classiques de la Venoge et de l'Aubonne. Heureusement qu'on a trouvé, l'hiver dernier, d'excellentes frayères de la Gravenche à l'embouchure de la Dullive. Le service de la pêche du canton de Vaud a pu faire verser dans le lac, de janvier à mars, 340 mille alevins de Gravenche, élevés dans les piscicultures de l'Aubonne, ce qui, joint aux 85 mille alevins des années précédentes, représente un bon apport au repeuplement du Léman en corégones.

Le poids des corégones du Léman semble angmenter dans les dernières années. En 1907, MM. Lugrin, de Genève, ont reçu une « féra » prise à Yvoire, pesant 4,5 kg. ; des féras de 3 kg. ne sont pas rares actuellement. Sont-ce des marènes ? ce poisson de l'Allemagne du Nord, introduit en 1881 et 1882 par H. Chatelanat, atteint sur les lacs de Poméranie un poids de 8 à 10 kg. Sont-ce des hybrides de marène et féra, ou mieux de marène et gravenche ? On sait que l'hybridation est facile et fréquente entre poissons du même genre.

Mlle K. Andrews présente une *flore fossile* trouvée au « Soleil-Levant » près Lausanne. La florule, comprenant 24 espèces, appartient nettement au Burdigalien. Sept plantes sont nouvelles pour les environs de Lausanne et deux inconnues jusqu'à ce jour dans le Burdigalien.

Une note détaillée paraîtra dans le Bulletin.

M. Pelet expose quelques recherches sur l'*état micellaire de diverses matières colorantes* choisies dans les différents groupes.

Il résulte de ces recherches que les colorants directs pour coton (polyazoïgues) sont presque tous à l'état de fausses solutions.

Les solutions des colorants acides ou basiques ne présentent pas à l'ultramicroscope un état colloïdal nettement

caractérisé, le bleu alcalin et la vocelline parmi les colorants acides font cependant exception et parmi les colorants basiques, dans certaines conditions, la fuchsine et le violet cristallisé. La plupart des solutions de matières colorantes semblent être des termes de passages entre les solutions proprement dites et les fausses solutions.

M. Mercanton présente à la Société une photographie du Diplodocus, original, qui fait la gloire du Musée Senckenberg, à Francfort sur le Main. Cet échantillon a quelque 15 mètres de long ; il est unique en Europe, les autres exemplaires qu'on y trouve étant des moulages sur les originaux américains. M. Mercanton fait don de cette photographie au Musée zoologique vaudois.

M. Jeannet a observé, au village de Bougy, le phénomène optique suivant. Dimanche 31 mai, à midi, le soleil était légèrement voilé. Au sud, un nuage horizontal, en forme de fuseau, présentait les couleurs du spectre. Le rouge était dirigé du côté du soleil et toutes les autres teintes, très vives, étaient parfaitement perceptibles à l'œil nu jusqu'au bleu-indigo. La distance séparant le soleil du nuage était de 40° à 50°. Les bandes colorées ne paraissaient pas concentriques, mais horizontales ; ce qui s'expliquerait peut-être pas le fait qu'appartenant à un gran halo, la portion du cercle observée était si faible par rapport à la circonférence qu'elle pouvait ne pas présenter de courbure apparente.

Le phénomène a été visible pendant 10-15 minutes.

Cette observation est corroborée par quelques membres de la Société.

M. Maurice Lugeon. *Tectonique des Préalpes internes.* Réponse à MM. Sarasin et Collet.

A la suite d'une observation faite par M. Lugeon à propos d'une note sur le Chamossaire publiée par MM. Sarasin et Collet, ces derniers ont, en réponse, maintenu leur manière de voir et rejeté les arguments tirés par M. Lugeon de la présence de fossiles.

M. Lugeon a fait remarquer que la présence de bélemnites et d'inocerames dans les roches de la série du Flysch du Niesen infirmait la théorie de ces deux confrères. Ceux-ci estiment que dans le raisonnement tiré de la présence de ces fossiles il y a « une interprétation pour le moins osée de faits connus depuis plusieurs années ». Or parmi les fossiles récoltés existe une bélemnite trouvée dans les grès du Niesen à grains fins du lac Lioson. On ne saurait voir dans ces grès, qui font partie de la série du Niesen, la présence d'une lame ou d'une écaille mésosoïque. C'est un procédé commode, mais peu heureux, que d'invoquer une hypothèse tectonique avec un mot moderne, tout comme anciennement les failles servaient à éclairer, le pensait-on, ce qu'on ne pouvait comprendre. Il est donc incontestable qu'une partie de la série du Niesen appartient au Crétacique. A ce propos MM. Sarasin et Collet mentionnent que M. Lugeon attribue encore au Flysch les grès des Ormonts, dans le programme des excursions du Congrès international de géographie paru en 1908. M. Lugeon prie ses deux collègues de vouloir bien consulter la légende stratigraphique du programme invoqué ; ils verront que le Flysch y est porté comme crétacé et tertiaire, en accord en conséquence avec les arguments opposés à MM. Sarasin et Collet. La zone du Niesen en partie crétacique ne peut donc provenir de la nappe du Wildhorn, ce qu'infirmait déjà la géométrie des nappes. Ainsi la zone interne n'est pas rebroussée sur elle-même par la zone du Niesen.

M. Th. Biéler-Chatelan. *Dimorphisme du soufre.* On sait que, suivant les conditions où il cristallise, le soufre peut affecter deux symétries cristallines différentes : orthorhombique (forme α) ou clinorhombique (forme β).

La forme la plus symétrique, forme α ou *octaédrique,* qui est celle du soufre natif, s'obtient par cristallisation *lente* des solutions de soufre dans le sulfure de carbone, l'essence de térébenthine, la benzine, etc.

Une cristallisation *rapide,* comme celle du soufre fondu

ou bien celle produite par le refroidissement brusque des solutions chaudes précitées, engendre au contraire des cristaux moins symétriques, de la forme β ou *prismatique*, auxquels succèdent peu à peu des cristaux de la forme α. On obtient ainsi successivement les deux formes au sein de la même solution.

Un exemple remarquable et peu connu, semble-t-il, de cristallisation dimorphe du soufre est fourni par les *Polysulfures alcalins* (foies de soufre) en solution alcoolique, *à la température ordinaire*. Une solution alcoolique fraîchement préparée ne tarde pas à se troubler par un précipité cristallin de soufre, donnant naissance à de longues lamelles clinorhombiques transparentes, incolores ou d'un jaune très pâle, à éclat nacré. A la longue il s'y forme aussi des octaèdres orthorhombiques α, d'un jaune franc comme le soufre natif.

Les lamelles monocliniques β, d'abord transparentes, deviennent peu à peu opaques (comme les cristaux prismatiques de soufre fondu) en se transformant en une infinité d'octaèdres α. En même temps leur réfringence augmente, ce qui se manifeste par un relief plus accentué. Par leur éclat elles rappellent le soufre clinorhombique, dit *nacré,* obtenu par M. Gernex en faisant diffuser l'une dans l'autre des solutions d'hyposulfite de soude et de bisulfate de potasse.

M. Bieler présente quelques spécimens de cristallisation dimorphe obtenus par son procédé.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 2 juillet 1908.

Th. Tommasina. Réponse à l'objection de M. H. Poincaré sur la production de la chaleur par la force gravitante. — Le même. La cause mécanique contenue implicitement dans la loi de Newton. — Le même. L'ordre génétique naturel des phénomènes et la place de l'électron.

M. Th. Tommasina. — *Réponse à l'objection de M. H. Poincaré sur la production de chaleur par la force gravitante.* — Huitième Note *sur la physique de la gravitation universelle.*

Le but de cette Note est de réfuter une objection, laquelle, si elle était solide, aurait une valeur décisive contre ma théorie ; elle a trait à la production de chaleur par l'action gravitante. M. H. Poincaré a calculé que la température de la Terre devrait, sous une telle action, s'accroître de, 10^{13}, cent trillions de degrés par seconde. Certes, si elle entraînait cette conséquence, non seulement ma théorie, mais toute explication de la force gravitante par des pressions deviendrait insoutenable. La notion commode de l'attraction règnerait éternellement, et les physiciens continueraient à l'accepter comme bonne, autrement, d'après l'opinion de Newton, ils trouveraient cette cause absurde, car, comme le disait très bien Faraday, la matière ne peut pas agir où elle n'est pas.

Heureusement, il n'en est rien. Je vais démontrer que

l'interprétation physique de ce qui se passe en réalité amène une conclusion qui n'est pas celle de l'illustre savant. En parlant des corpuscules de Le Sage, de Genève, qui, comme l'on sait, devaient par leurs chocs produire l'effet de rapprocher les corps entre eux, M. Poincaré dit : « *A la vérité, la force vive de ces corpuscules ne serait pas entièrement convertie en chaleur, mais* l'attraction produite *serait moindre également, de sorte que ce serait seulement la portion de cette force vive convertie en chaleur qui contribuerait à* produire l'attraction *et que cela reviendrait au même*[1]. » M. Poincaré sait parfaitement qu'une quantité donnée de force vive que l'on a transformée en chaleur n'existe plus sous forme de force mécanique utilisable directement, que si l'on veut en faire cet usage il faut la retransformer de nouveau en force vive, de façon que la même énergie ne peut exister simultanément sous les deux formes. Pourquoi veut-il qu'il n'en soit plus ainsi dans le cas de la gravitation ? C'est que M. Poincaré persiste à voir dans l'effet produit par les chocs des corpuscules de Le Sage les symboliques forces centrales au lieu de dynamiques réelles. Cela est démontré par les expressions que j'ai soulignées dans le texte ci-dessus, *attraction produite* et *produire l'attraction*, au lieu de pression mécanique. Car Le Sage était convaincu, comme moi et comme une foule d'autres, que l'attraction n'existe nulle part, précisément parce qu'elle ne peut pas être produite. Ce que les chocs produisent sont des systèmes dynamiques, et ceux-ci constituent une utilisation mécanique de l'énergie, laquelle, pendant qu'elle fait ce travail, qui est continu et perpétuel, ne peut pas, comme j'ai dit, exister simultanément sous forme de chaleur et produire un échauffement qui ferait croître d'une quantité fantastique la température de la Terre.

Voilà ma réponse pour ce qui a trait aux corpuscules de Le Sage. En critiquant ma théorie, M. Poincaré a écrit :

[1] Henri Poincaré. La Dynamique de l'Electron. *Revue générale des Sciences*, n° 10, 30 mai 1908, pp. 386-402.

« *Pour qu'il y ait* attraction, *il faut que la* lumière *soit partiellement absorbée ; mais alors il y a production de chaleur. Les calculs ne diffèrent pas essentiellement de ceux qu'on fait dans la théorie de Lesage ordinaire, et le résultat conserve le même caractère fantastique*[1]. » Cette *attraction* persistante dans l'esprit du grand mathématicien est certes ce qui l'empêche d'apercevoir que ce n'est pas de chaleur qu'il y a production, mais des dynamiques de la gravitation, par ce qu'il appelle *lumière partiellement absorbée*, qui est en réalité la pression mécanique de rayonnements multiples. M. Poincaré ajoute pourtant : « *La lumière qui* produirait l'attraction newtonienne *devrait être considérablement différente de la lumière ordinaire et être, par exemple, de très courte longueur d'onde*[2]. » C'est ce qui se trouve dans ma Note du 2 avril[3], mais j'ajoute ici que pour la gravitation astrale les grandes longueurs d'ondes, *ondes hertziennes*, pourraient aussi jouer un rôle très important, tandis que dans la cohésion moléculaire et atomique ce rôle reviendrait aux ondes les plus courtes.

La conclusion de M. Poincaré est celle-ci : « *Il ne peut donc y avoir* d'attraction *sans absorption* de lumière *et, par conséquent, sans production de chaleur, et c'est ce qui a déterminé Lorentz à abandonner cette théorie, qui ne diffère pas au fond de celle de Lesage-Maxwell-Bartoli.* » et on lit ici son résultat cité au début de cette Note, des, 10^{13}, cent trillions de degrés par seconde[4]. Or, d'après mes précédentes explications, ce résultat représente, au contraire, en chaleur le travail total par seconde accompli par les rayonnements et absorbé ou, mieux, utilisé par la gravitation, c'est-à-dire que M. Poincaré a calculé l'équivalent calorifique de la gravitation terrestre. Je fais observer tout

[1] *Loc. cit.*, p. 401.

[2] *Loc. cit.*, p. 401.

[3] *Archives des Sciences physiques et naturelles*, t. XXV, mai 1908, pp. 504-507.

[4] *Loc. cit.*, p. 402.

d'abord, mais j'y reviendrai dans les Notes suivantes, que ma théorie diffère complètement de celle de M. H.-A. Lorentz, car toute ma physique de la gravitation est basée sur l'action exclusive de l'éther, moteur universel, dont la constitution intime est mise en évidence par le mécanisme du rayonnement, qui ne permet de concevoir, à l'origine, aucune autre force outre les pressions Maxwell-Bartoli. Quant à ce qui distingue ma théorie de celle de Le Sage, je n'ai rien à dire, il suffit de placer entre les deux le progrès que la physique a fait depuis un siècle, progrès qui diminue mon mérite personnel, mais qui augmente la valeur intrinsèque de mes conclusions, ce qui est bien plus important pour la science.

M. Th. Tommasina. — *La cause mécanique contenue implicitement dans la loi de Newton.* Neuvième Note *sur la physique de la gravitation universelle.*

Aux considérations de ma cinquième Note sur l'usage absolument illogique que l'on fait de certains termes en physique, je dois en ajouter ici un autre qui touche non seulement l'expression en tant que langage, mais le concept même qu'elle représente. Avant et après Laplace, et de nos jours encore, physiciens, mathématiciens et astronomes se sont occupés du problème de la *vitesse de propagation de la gravitation,* et cette vitesse, reconnue très grande mais pas infinie, n'a été trouvée nullement contradictoire avec une action à distance sans l'intervention d'aucun mécanisme, par tous ceux qui, comme Laplace, admettaient l'attraction. Comment expliquer un tel aveuglement, un tel manque de logique chez des savants dont les travaux immortels feront toujours le plus grand honneur à l'humanité? La réponse nous est fournie par le contenu de la loi de Newton, laquelle dit que l'attraction agit d'une façon inversement proportionnelle aux carrés des distances. Or, une force qui diminue avec les distances indique évidemment une action qui s'amortit, donc qui se propage avec une vitesse qui ne peut pas être infinie. Convaincus que les choses se passent comme si les corps s'at-

tirent, ces savants voyaient en cet amortissement une atténuation d'une puissance, d'une force attractive, qui était pour eux une entité inconcevable, mais par trop commode pour désirer de chercher une autre explication. C'est ainsi qu'ils ont été empêchés de voir qu'une entité immatérielle, qui se trouve partout dans l'univers, n'étant pas quelque chose qui se déplace, n'est pas non plus quelque chose qui se propage, et qu'une fois cette attraction admise, il fallait reconnaître son effet immédiat partout. Mais la loi de Newton étant contraire à ces conclusions, l'anomalie fut conservée, tandis qu'il aurait fallu conclure que cette loi contient implicitement la nature mécanique de la force gravitante, du moment qu'elle renferme une fonction des distances.

M. Th. Tommasina. — *L'ordre génétique naturel des phénomènes et la place de l'électron.* Dixième Note *sur la physique de la gravitation universelle.*

Un défaut très grave de la physique actuelle, après ceux déjà signalés, est certes celui de construire des théories fondamentales sans s'occuper de *l'ordre génétique des phénomènes primaires.* Cela a amené la présentation de problèmes qui n'existent pas, ou qui existent sous une forme très différente, l'introduction dans les calculs de coefficients qui ne peuvent pas y entrer et doivent être placés ailleurs, la création et l'utilisation d'expressions absolument fausses, qui attribuent aux phénomènes primaires des propriétés qui sont elles-mêmes des phénomènes beaucoup plus complexes, de deuxième ou de troisième ordre, pour l'explication desquels il faut recourir aux phénomènes primaires. C'est ainsi que, par exemple, après avoir admis que l'électron est un atome d'électricité, l'on étudie, l'on construit des théories, l'on entasse des formules, l'on fait des calculs pour établir le mode de distribution de la charge électrique sur l'électron, ou d'une force électro-motrice extérieure à l'électron, ou des rayons qu'il émet. Comment un atome d'électricité peut-il émettre ce qui est un phénomène électromagnétique ? Après avoir

admis que la lumière est une ondulation de l'éther, on conçoit une adsorption de la lumière par l'éther et l'on entreprend des longues et coûteuses expériences pour mesurer ce non-sens. On admet des corpuscules ultimes de la matière et l'on se préoccupe si on doit leur attribuer la propriété de l'élasticité, qui est un phénomène ayant son origine dans le mouvement des corpuscules.

Il suffit d'avoir présent l'ordre génétique naturel des phénomènes en lisant les meilleurs Mémoires ou un chapitre quelconque de physique, pour voir surgir à chaque ligne les anomalies les plus frappantes. On suppose que l'électron est un vide, un trou dans l'éther, et l'on continue à reconnaître à l'électron les moyens internes de son déplacement. On calcule la densité de l'éther, on en donne le chiffre énorme et puis l'on continue à admettre que les astres, par propre impulsion, se déplacent au travers de l'éther sans rencontrer aucune résistance, et l'on n'en déduit nullement que cette dernière étant une constatation de fait, ainsi que la première, basée sur la mesure de l'énergie d'un champ magnétique, l'on doit recourir à la seule explication qui fasse disparaître la contradiction en admettant que l'éther contienne les dynamiques qui déplacent les astres, dynamiques qui sont mises en évidence précisément par l'énorme densité qu'il faut lui reconnaître.

L'on sait qu'un très petit faisceau de rayons, provenant d'une étoile, si éloignée qu'elle reste invisible à l'œil muni du meilleur télescope, peut, après avoir traversé la série de lentilles d'un objectif photographique achromatique, agir sur une plaque sensibilisée au gélatino-bromure d'argent et modifier chimiquement ce sel de façon à y former une image latente qui, après développement, devient visible sans loupe. Il y a donc, dans une plage relativement grande, une modification de forces moléculaires et atomiques produite par l'action du rayonnement actinique seul provenant d'une étoile unique très éloignée. Qu'est ce que doit être alors l'action sur un seul atome pondérable de tout le rayonnement complet provenant simultanément de chacune des innombrables étoiles? N'est-ce

pas là l'évidence même de l'omnipuissante activité du milieu éthérique? Une conséquence importante de cette action du milieu est celle qui tranche la question jusqu'ici étudiée vainement du mouvement absolu de la Terre. Les résultats de toutes les expériences faites ont été négatifs. L'on voit, en effet, que l'expérience ne pourrait donner un résultat positif que dans le cas où le mouvement de la Terre serait produit par une force inconnue indépendamment de l'éther; or, comme ce mouvement est dû, au contraire, aux actions éthérodynamiques de l'énergie rayonnante, les résultats de ces recherches ne peuvent être que négatifs. D'ailleurs elles n'ont plus désormais aucun but, du moment qu'il reste établi qu'aucun point de repère fixe n'existe, car les forces Maxwell-Bartoli prouvent qu'il n'y a que des mobiles déplaçant incessamment d'autres mobiles.

Ces mobiles vont nous permettre d'établir la place génétique de l'électron.

La longueur d'onde lumineuse est l'espace ou mieux la distance parcourue par la lumière pendant qu'une vibration transversale s'exécute. Il en est de même pour une radiation quelconque, car ce n'est là que la définition de la longueur d'onde, laquelle sert à distinguer les types de radiations, qui sont en nombre illimité. Supposons des ondes hertziennes de 300 mètres de longueur, celles qu'on utilise dans la radiotélégraphie transocéanique. Leur vitesse étant celle de la lumière, de 300 000 km. par seconde, elles n'emploient pour parcourir 300 mètres qu'un millionième de seconde, c'est la durée d'une vibration transversale. Or, comme la vitesse de transmission de l'énergie dans l'espace est la même dans toutes les directions, l'élément qui vibre transversalement devrait parcourir 300 mètres pour faire une seule vibration transversale pendant ce temps. C'est ce qui ne peut pas avoir lieu, car les éléments ou électrons sont contigus, et chaque électron ne peut vibrer que dans les limites qui lui sont fixées par les vibrations des électrons qui l'entourent. Le déplacement transversal ne dure donc qu'une fraction

infinitésimale du millionième de seconde, cette fraction étant le rapport entre la trajectoire vraie de l'électron et celle de 300 mètres qu'il pourrait parcourir pendant le même temps.

Cette seule considération amène deux conséquences qui fixent la nature de l'électron et la place qu'il occupe dans l'ordre génétique des phénomènes. Les voici :

1° La vibration transversale doit être une déformation élastique d'un élément complexe cinétoénergétique, dont l'activité interne doit continuer même lorsqu'il vient à se trouver pendant un temps très court en équilibre statique relatif. C'est-à-dire que la vitesse perdue par l'électron doit être gagnée par les points matériels qui le constituent.

2° L'électron qui vibre transversalement dans les radiations ne peut donc pas être un simple point matériel, ni être considéré comme tel.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

W. Louguinine et A. Schukarew. Méthodes de calorimétrie usitées au laboratoire thermique de l'Université de Moscou, traduit du russe par Ter Gazarian, 1 vol. gr. in-8° de 192 p. avec 22 fig. dans le texte et 8 planches, Genève, Georg et Cie, éd., et Paris, Hermann, éd., 1908.

Nous sommes en retard pour signaler à nos lecteurs ce très remarquable ouvrage, paru primitivement en russe et dont la traduction française vient d'être éditée à Genève il y a plusieurs mois déjà. Les noms de l'éminent fondateur et directeur du laboratoire de calorimétrie de l'Université de Moscou et de son chef de travaux suffisent à eux seuls pour attirer l'attention des lecteurs sur ce nouveau traité, sans que nous ayons à insister davantage sur sa haute valeur, car ces noms leur sont un sûr garant qu'ils n'y trouveront rien qui ne soit marqué au coin de la critique la plus scrupuleuse et de la plus grande sûreté dans les méthodes expérimentales. M. Louguinine est en effet passé maître en calorimétrie, et ses recherches dans ce domaine sont promptement devenues classiques.

Comme ils le disent très modestement dans leur préface, les auteurs ayant appris par leur expérience personnelle l'importance que présentent dans ces recherches, souvent très compliquées, des détails qui à première vue paraissent peu importants, combien il faut employer de temps et de peine pour élaborer les conditions dans lesquelles une expérience doit être exécutée, ont pensé être utiles en les faisant connaître. Ce noble but, ils l'ont largement atteint, et le public scientifique leur en saura puissamment gré.

Ils n'ont d'ailleurs introduit dans cet ouvrage que la description d'appareils et de méthodes créés par eux-mêmes et soumis à une longue série d'expériences dans leur laboratoire.

Les divers points traités forment les sujets d'autant de de monographies. Plusieurs d'entre elles sont le fruit du travail séparé de l'un des deux auteurs et paraissent avec sa signature, tandis que les travaux en commun portent leurs deux noms.

Leur exposé est si concis et si riche en renseignements indispensables pour l'expérimentateur, qu'il est impossible d'en donner ici une brève analyse. Il faudrait tout citer. D'ailleurs, une grande partie de ces belles études ont été publiées déjà dans des mémoires spéciaux qui les ont fait connaître et apprécier à leur juste valeur.

Nous nous bornerons à donner la liste des sujets traités, soit des têtes de chapitres. Ce sont : I. *Les thermomètres employés dans les recherches calorimétriques* (L.) ; II. *L'unité de chaleur* (L.), pour laquelle l'auteur adopte la chaleur spécifique de l'eau à 15° suivant Bartoli et Stracciati combiné avec Ludin ; III. *Le calorimètre et les parties qui le composent* (Sch.) ; IV. *La marche d'une expérience calorimétrique* (Sch.) ; V. *Local destiné aux recherches calorimétriques* (L.) ; VI. *La correction pour le rayonnement* (L. et Sch.) ; VII. *Les chambres calorimétriques et leurs emplois* (Sch.) ; VIII. *Détermination des chaleurs spécifiques des corps solides et liquides par la méthode des mélanges* (L.) ; IX. *Méthodes et appareils servant à la détermination des chaleurs latentes de vaporisation des liquides* (L.) ; X. *Etude électrique et son application à la calorimétrie* (L.) ; XI. *Méthodes de détermination de l'effet thermique accompagnant la dissolution des corps solides* (Sch.) ; XII. *Méthodes de détermination des chaleurs de neutralisation des bases par des acides* (Sch.) ; XIII. *Le calorimètre à glace* (L. et Sch.) ; XIV. *Du calorimètre à vapeur et d'une méthode de détermination des chaleurs spécifiques par voie de comparaison* (Sch.). Telles sont les matières traitées dans ce livre avec la compétence toute spéciale qui appartient aux auteurs dans ce domaine.

E. S.

CHIMIE

Analyse des travaux de chimie faits en Suisse.

E. Grandmougin et E. Bodmer. Contribution a la connaissance de l'anilide du colorant « Prune » (*Ber. d. D. Chem. Ges.*, t. 41, p. 604 ; Zurich, Polytechnicum).

La colorant « Prune » qui constitue l'éther méthylique de la matière colorante bien connue, appelée Gallocyanine, fournit par l'action de l'aniline une anilide peu étudiée jusqu'ici; comme, d'autre part, l'action de l'aniline et des dérivés aminés sur le « prune » et sur la « corréine », autre colorant analogue, a acquis une importance industrielle très grande, les auteurs ont jugé intéressant de déterminer la constitution de l'anilide en question. Ils arrivent à la conclusion qu'elle doit, selon toutes probabilités, être représentée par la formule suivante :

O OH O
CH^3 CH^3 > N
NHC^6H^5
N $COOCH^3$

R. Willstætter et J. Bruce. Réduction du triméthylène. (*Ber. d. D. Chem. Ges.*, t. 40 (1907), p. 4456-4459 ; Zurich, Polytechnicum.)

On sait que les chaînes fermées polyméthyléniques, soumises à la méthode d'hydrogénation de Sabatier et Senderens, sont tout à fait résistantes ; la liaison éthylénique seule, formée de 2 atomes de carbone, est attaquée et c'est ainsi que l'éthylène est facilement hydrogéné à 30-45°, lorsqu'on le chauffe avec le nickel. Le cyclobutane, d'autre part, a été réduit en butane à une température plus élevée, 180°. D'après les expériences des auteurs, le triméthylène se place entre les deux hydrocarbures précédents; soumis à la méthode en question, il commence déjà, à 80°, à se réduire en *propane* et, à 120°,

la réduction est rapide et nette. Le triméthylène qui a servi à ces recherches a été préparé par la méthode de Gustavson, en réduisant avec certaines précautions le bromure de triméthylène par le zinc en poudre.

R. Willstætter et J. Parnas. Sur les amphi-naphtoquinones. (*Ber. d. D. Chem. Ges.*, t. 40 (1907), p. 3971 ; Zurich, Polytechnicum.)

De même que le 2-6-dioxynaphtalène, son dérivé dichloré est transformé par l'action du peroxyde de plomb sur sa solution dans le benzène, en *dichlor-amphi-naphtoquinone.*

Cette quinone se distingue dans ses propriétés de la quinone non chlorée par sa stabilité envers l'eau, les acides, l'alcool et les autres dissolvants organiques, qui réagissent sur l'amphinaphtoquinone pour donner des produits de condensation amorphes et à poids moléculaires plus élevés. Elle est en outre nettement réduite par l'acide sulfureux, l'acide iodhydrique et la phénylhydrazine.

Dans une partie théorique, on trouve les conclusions que l'on peut tirer des diverses réactions étudiées.

La partie expérimentale de ce mémoire comprend la préparation du *1-5 dichlor-2-6-dioxynaphtalène* qui a servi de produit de départ, celle de la *1-5-dichlor-2-6-amphinaphtoquinone*, qui est en prismes brillants jaune rouge ou en aiguilles fines, jaune d'or, F. 206°5, ainsi que celle de *ses dérivés.*

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

des Travaux de Chimie faits en Suisse

1908

Avril

48 *ter*. Briner (E.) et Mettler (E.). Recherches sur la formation du gaz ammoniac à partir de ses éléments sous l'action des décharges électriques. Genève. Lab. de chimie techn. et théor. — *J. ch. phys.* **6**. 137.

34 *ter*. Grandmougin (Eug.) und Bodmer (Ernst). Kondensation von Gallocyaninfarbstoffen mit Amidoverbindungen. Zürich. Chem.-techn. Lab. des Polytechn. — *J. prakt. Ch.* **77**. 498.

363. Guye (Philippe-A.). Cinétique chimique des transformations des corps radioactifs. Genève. — *J. ch. phys.* **6**. 294.

364. Peter (A.). Das Zentrifugieren der Fettkäsemolke zur Gewinnung des zurückgebliebenen Butterfettes. Rütti-Zollikofen. — *Milch-Zeitung* **37**. 170.

16 *bis*. Remfry (Percy) und Decker (Herman). Ueber Chinolylphenyl-keton. Genf. — *Berichte* **41**. 1007.

365. Ritz (W.). Ueber die Spektren der Alkalien. Zürich. — *Physikal. Zeitschr.* **9**. 244.

366. Schulze (E.). Ueber die zur Darstellung von Lecithin und anderen Phosphatiden aus Pflanzensamen verwendbaren Methoden. Zürich. Agrik.-chem. Lab. des Polytechn. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **55**. 338.

367. Spielmann (Percy E.). On the origin of jet. Zürich. Eidg. Prüfungsanstalt für Brennstoffe. — *Chem. News* **97**. 181.

160 *bis*. Staub (Walter). Nouvelles recherches sur la tyrosinase. *Thèse*. Genève (Prof. Chodat).

368. Thiess (Karl Georg). Ueber Phenylphtalamidon. *Dissert.* Basel (Prof. Rupe).

369. Tisza (Ed.). Rechenschieber (Analysenstab) zum Gebrauche in chemischen Laboratorien. Bern. — *Chem.-Zeitung* **32**. 392 und *Schweiz. Wochenschr.* **46**. 252.

173 *ter*. Tschirch (A.). Die Chemie und Biologie der pflanzlichen Sekrete (Leipzig) Bern.

370. Vries (O. de). Die Ableitung der stöchiometrischen Gesetze. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Zeitschr. physikal. Ch.* **62**. 308.

371. Werner (A.). Zur Theorie der Beizenfarbstoffe. Zürich. Univ.-Lab. — *Berichte* **41**. 1062.

372. Zimmermann (W.). Das Beizen und Färben des Holzes. Zürich.

373. Zimmermann (W.). Moderne Farben auf Holz. Zürich.

Mai

374. Battelli (F.) und Stern (Lina). Ueber das Vorkommen der Antikatalase im Tierorganismus. Genf. Physiol. Inst. der Univ. — *Biochem. Zeitschr.* **10**. 275.

375. Beyer (Oskar). Untersuchungen über aromatische o-Dithiole. *Dissert.* Basel (Prof. Fichter).

376. Bistrzycki (A.) und Siemiradski (B. v.). Ueber die Abspaltung von Kohlenmonoxyd aus sekundären und primären Carbonsäuren. Freiburg. I. Chem. Lab. der Univ. — *Berichte* **41**. 1665.

377. Bunge (G. v.). Die Kochsalzsurrogate der Negerstämme. Basel. — *Zeitschr. Biol.* **51**. 105.

378. Gassmann (Th.). Chemische Untersuchungen der Zähne. Zürich. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **55**. 455.

379. Gockel (A.). Ueber den Gehalt der Bodenluft an radioaktiver Emanation. Freiburg. — *Physikal. Zeitschr.* **9**. 304.

380. Goldberger de Buda (Paul). Studien über das N-Bromphtalimid. *Dissert.* Basel (Prof. Rupe).

381. Grandmougin (E.). Sur la leuco-alizarine (1,2-dioxyanthranol). Zürich. Lab. du Polytechn. — *Revue gén. des mat. colorantes* **12**. 44.

382. Grandmougin (Eug.). Ueber eine Reaktion zwischen Diazokörpern und Azofarbstoffen. Zürich. Chem.-techn. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **41**. 1403.

383. Guggenheim (Markus). Ueber Ortho-Nitrophenylglycine und ihre Reduktionsprodukte. *Dissert.* Basel (Prof. Nietzki).

384. Hantzsch (A.) und Opolski (St.). Ueber einen violetten aci-Aether des Hexanitro-diphenylamins. Genf (Univ.-Lab.) und Leipzig. — *Berichte* **41**. 1745.

385. Heller (J.) und Kostanecki (St. v.). Ueber die Einwirkung von Benzoylchlorid auf Xanthen. Bern. Univ.-Lab. — *Berichte* **41**. 1324.

386. KAUFMANN (A.) und HÜSSY (Hans). Ueber die Nitrierung des Chinolins und seiner Mononitroderivate. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* **41**. 1735.

387. KOSTANECKI (St. v.) und LAMPE (V.). Ueber eine Eliminierung der Methoxylgruppe. Bern. Univ.-Lab. — *Berichte* **41**. 1327.

388. KOSTANECKI (St. v.) und LAMPE (V.). Studien in der Cumarangruppe. Bern. Univ.-Lab. — *Berichte* **41**. 1330.

389. LEEMANN (H.). Zur Stickstoffbestimmung nach Dumas. Zürich. — *Chem.-Zeitung* **32**. 496.

390. LEEMANN (H.) und GRANDMOUGIN (Eug.). Zur Kenntnis des symm. Hexanitro-azobenzols. Zürich. Chem.-techn. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **41**. 1295.

391. LEEMANN (H.) und GRANDMOUGIN (Eug.). Ueber 2.4.2′.4′.6′-Pentanitro-azobenzol. Zürich. Chem.-techn. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **41**. 1306.

115 *bis*. NEMIROVSKY (Marie). Sur les acides dialphylanthraniliques. *Thèse*. Genève (Dr Goldberg).

392. PELET-JOLIVET (L.). Les relations de la teinture et de l'adsorption. Lausanne. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **25**. 430.

393. PFEIFFER (P.). Zur Stereochemie des Chroms. Stereoisomere Aquo- und Hydroxosalze. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **58**. 228.

394. PICCARD (Jules) et PICCARD (Auguste). Phénomènes odorifiques produits par le choc. Bâle. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **25**. 425.

395. REVERDIN (Frédéric). Sur l'acide oxy-4-dinitro-3-5-benzoïque. Genève. Lab. de chimie org. de l'Univ. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **25**. 474 et *Bull. de la Soc. chimique* **3**. 591.

225 *bis*. RUPE (Hans) und LIECHTENHAN (Carl). Ueber Kondensationen mit Cinensäure. Basel. Univ.-Lab. II. — *Berichte* **41**. 1278.

396. RUPE (H.) und EMMERICH (F.). Ueber die Einwirkung von Magnesiummethylhaloiden auf Carvon und Dihydrocarvon. Basel. Univ.-Lab. II. — *Berichte* **41**. 1393.

397. RUPE (H.) und EMMERICH (F.). Ueber die Einwirkung von Methylmagnesiumjodid auf Carvenon und Pulegon. Basel. Univ.-Lab. II. — *Berichte* **41**. 1750.

398. SCHAFFER (F.). Beitrag zur Honiganalyse. Bern. — *Zeitschr. Unters. Nahrungsmittel* **15**. 604.

399. STÜBLING (J.). Quecksilberkathode für elektrolytische Zwecke. Zürich. — *Elektrochem. Zeitschr.* **15**. 31.

400. Willstætter (Richard) und Bruce (James). Ueber die Konstitution des Cyclobutens. Zürich. Chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **41**. 1486.

401. Willstætter (Richard) und Kametaka (Tokuhei). Zur Kenntnis des Cyclooctans und Cycloheptans. Zürich. Chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **41**. 1480.

402. Willstætter (Richard) und Mayer (Erwin W.). Ueber Reduktion mit Platin und Wasserstoff bei gewöhnlicher Temperatur. Zürich. Chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **41**. 1475.

403. Willstætter (Richard) und Piccard (Jean). Ueber die Farbsalze von Wurster. Zürich. Chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **41**. 1458.

404. Zender (Jacques). Sur la composition chimique de l'eau et des vases des grands lacs de la Suisse. *Thèse*. Genève (Prof. Duparc).

405. Zwayer (Felicia) und Kostanecki (St. v.). Ueber die Funktion des Doppelchromophors CO.C : C. Bern. Univ.-Lab. — *Berichte* **41**. 1335.

Juin

406. Amberg (Richard). Notiz zur Darstellung von Elektrolyteisen. Bodio (Tessin). — *Zeitschr. Elektroch.* **14**. 326.

407. Berger (F.). Das Kollodium und seine Prüfung. Bern. — *Schweiz. Wochenschr.* **46**. 354.

408. Berl (E.) und Smith (Watson jun.). Ueber Cellulosenitrate und Cellulose-acetonitrate. Zürich. Techn.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **41**. 1837.

409. Engel (A.). Ueber den Congo-Copal und über den Benguela-Copal. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* **246**. 293.

410. Ephraim (Fritz). Ueber die Existenz von Verbindungen des Schwefels mit Jod. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **58**. 338.

411. Ephraim (Fritz). Ueber eine neue Reaktion der Thallosalze. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **58**. 353.

412. Fichter (Fr.). Ueber synthetische p-dialkylirte Dioxychinone. Basel. Chem. Lab. der Univ. — *Annalen* **361**. 363.

413. Gazarian (G. Ter-). Sur les densités orthobares des liquides homologues. Genève. Lab. de ch. physique de l'Univ. — *J. ch. phys.* **6**. 492.

220 *ter*. GRANDMOUGIN (Eug.) et GUISAN (Julien). Note sur quelques dérivés azoïques de l'acide salicylique. Zürich. — *Revue gén. des mat. colorantes* **12**. 129.

414. HÖBER (Rudolf) und KEMPNER (Felicja). Beobachtungen über Farbstoffausscheidungen durch die Nieren. Zürich. Physiol. Inst. der Univ. — *Biochem. Zeitschr*. **11**. 105.

415. KARAMICHEFF (A.). Recherches dans la série de la naphtaline. Quelques dérivés de la dioxynaphtaline. *Thèse*. Genève (Dr Kehrmann).

416. KAUFLER (Felix). Zur Erklärung der Ueberspannung. Zürich. Elektrochem. Lab. des Polytechn. — *Zeitschr. Elektroch*. **14**. 321.

177 *bis*. KEHRMANN (F.) und BRUNEL (R.). Ueber Azoniumverbindungen und Azine aus 7-Oxy-β-Naphthochinon. Genf. Lab. der Univ. — *Berichte* **41**. 1832.

417. LORENZ (Richard) und FOX (M. G.). Neue Bestimmungen der Aenderung der freien Energie bei der Bildung einiger geschmolzener Schwermetallsalze. Zürich. Lab. für physikal. Ch. des Polytechn. — *Zeitschr. physikal. Ch*. **63**. 109.

418. LORENZ (Richard) und FOX (M. G.). Zur Thermodynamik von Ketten mit geschmolzenen Elektrolyten. Zürich. Lab. für physikal. Ch. des Polytechn. — *Zeitschr. physikal. Ch*. **63**. 121.

419. PFEIFFER (P). Zur Stereochemie des Chroms. Ueber mehrkernige Chromsalze. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Zeitschr. anorg. Ch*. **58**. 272.

233 *bis*. PFEIFFER (P.). Zur Stereochemie des Chroms. Ueber gemischte Luteosalze. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Zeitschr. anorg. Ch*. **58**. 297.

420. PFEIFFER (P.). Zusammenstellung der Isomerieerscheinungen bei Chromsalzen. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Zeitschr. anorg. Ch*. **58**. 317.

421. PFEIFFER (P.) und TILGNER (M.). Ueber die Einwirkung von Jod auf einige Rhodanverbindungen. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Zeitschr. anorg. Ch*. **58**. 433.

422. RUPE (H.) und EBERT (A.). Ueber einen Kohlenwasserstoff aus Isopulegon. Basel. Univ.-Lab. II. — *Berichte* **41**. 2067.

258 *bis*. SISSOEFF (Catherine). Etude de la condensation des amines aromatiques primaires avec le bromobenzène en présence de cuivre et d'iode. *Thèse*. Genève (Dr Goldberg).

423. TSCHIRCH (A.) und POOL (J. F. A.). Vergleichende Studien über die Rinden von Rhamnus Frangula und Rhamnus

Purshiana. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* **246**. 315.

774 *ter*. TSCHIRCH (A.) et SCHMIDT (Georg). Sur le baume résineux du Pinus Laricio. Berne. — *Monit. scient.* **22**. (1) 376.

424. WARYNSKI et MDIVANI. Sur un procédé de dosage stannométrique des vanadates alcalins. Genève. — *Bull. de la Soc. chimique* **3**. 626.

424 *bis*. WARYNSKI (T.) et MDIVANI (B). Dosage stannimétrique de l'acide vanadique. Genève. — *Annales ch. anal.* **13**. 209.

425. WARYNSKI (T.) et MDIVANI (B.). Dosage simultané du fer et du vanadium par voie volumétrique. Genève. Lab. de ch. anal. de l'Univ. — *Annales ch. anal.* **13**. 210.

426. WILLSTÆTTER (Richard) und KUBLI (Heinrich). Ueber die Reduktion von Nitroverbindungen nach der Methode von Zinin. Zürich. Chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **41**. 1936.

427. WILLSTÆTTER (Richard) und MAYER (Erwin W.). Reduktion mit Platin und Wasserstoff. Ueber Dihydrocholesterin. Zürich. Chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **41**. 2199.

428. WROCZYNSKI (Adam). Remarques sur la théorie de l'action mutuelle des corps en dissolution d'après les données de leurs tensions de vapeur. Genève. Lab. de ch. phys. de l'Univ. — *J. ch. phys.* **6**. 500.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE JUILLET 1908

Le 1er, rosée le matin; orages à 5 h., 6 h. et 8 h. du soir, avec faible averse.
2, faible averse à 9 h. du matin.
3, rosée le matin; orages depuis 5 h. du soir.
4, rosée le matin; orages à 11 h. et à 1 h.
5, orage, avec petite averse à 2 h.
6, rosée le matin; orage à 10 h. du matin, et légère averse à midi.
7, rosée le matin; forts orages avec averse de 2 h. à 4 h. du soir; trombe de grêle sur le Mandement à 2 h.
8, pluie dans la nuit.
10, forte rosée le matin.
11, rosée le matin.
13, pluie dans la nuit et à 7 h. du matin.
14, petite averse à 6 h. du soir.
17, fort vent à 4 h., pluie et orage à 4 h. 30 m.; pluie depuis 7 h. du soir.
18, pluie dans la nuit; petites averses à 9 h. du matin, à 3 h. et à 7 h. 30 m. du soir.
19, pluie à 7 h. et à 10 h. du matin.
20, pluie dans la nuit, à 7 h. et à 10 h. du matin, à 7 h. et depuis 9 h. du soir.
23, forte rosée le matin.
24, forte rosée le matin.
du 25 au 28, rosée le matin.
le 28, orage et averses depuis 5 h. du soir.
29, pluie dans la nuit, à 7 h. et à 10 h. du soir.
31, forte rosée le matin.

GENÈVE — JUILLET 1908

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.											mm.	
1	31.0	29.9	31.4	30.60	+ 3.24	29.9	31.4	W. 0	N. 1	NNW. 0	N. 1	4.8	5	8	10	8	6.7	0.1	....
2	31.3	30.4	30.1	30.70	+ 3.31	29.0	31.4	WNW 1	NNW. 1	WNW 1	WNW 1	2.9	9	4	3	5	3.9	....	....
3	29.9	29.0	27.6	28.94	+ 1.53	27.3	30.0	WNW 0	N. 1	NNE. 0	N. 1	3.7	2	4	3	4	10.6	....	....
4	27.5	27.8	27.4	27.35	− 0.09	26.7	27.8	NW. 1	N. 1	W. 1	NW. 1	3.3	4	7	7	6	6.4	....	....
5	27.4	27.8	27.1	27.34	− 0.12	26.8	27.8	SSE. 1	N. 1	NW. 0	var.	4.7	9	8	9	7	3.3	....	....
6	26.8	25.9	26.4	26.31	− 1.18	25.4	27.1	W. 0	WNW 0	N. 1	N. 1	5.1	8	9	1	6	4.4	....	....
7	27.5	27.2	29.4	27.71	+ 0.20	26.5	29.6	W. 1	NNW. 1	SW. 1	var.	3.1	1	5	3	5	6.1	2.0	2
8	29.8	27.8	28.0	28.65	+ 1.11	27.2	29.9	SW. 1	WNW. 1	SSW. 0	SSW. 1	3.3	0	1	6	3	11.3	....	....
9	28.8	29.7	30.2	29.30	+ 1.74	28.2	30.3	SSW. 1	WSW. 1	SW. 0	SW. 1	6.6	9	7	0	5	5.5	....	....
10	30.9	29.3	28.2	29.40	+ 1.82	27.6	30.9	SW. 0	N. 1	NW. 0	N. 1	4.3	0	1	1	0	13.2	....	....
11	28.4	26.9	26.0	27.05	− 0.55	25.4	28.4	WNW 0	N. 1	SW. 0	SW. 1	3.9	0	1	1	0	**13.3**	....	....
12	23.9	21.4	20.5	22.21	− 5.42	19.5	25.3	S. 1	WSW 1	SW. 1	var.	5.6	0	1	2	1	13.0	7.0	3
13	23.7	25.2	26.5	24.44	− 3.21	21.6	26.9	SSW. 1	SSW. 1	SW. 0	SW. 1	9.2	10	6	7	6	8.1	....	....
14	27.6	27.4	29.0	27.72	+ 0.05	26.7	29.1	SSW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	3.3	5	7	6	6	8.8	0.2	....
15	29.8	29.8	31.3	29.92	+ 2.23	29.0	31.7	SSW. 1	SW. 1	SSW. 1	SSW. 1	4.7	7	3	1	5	9.5	....	....
16	32.1	30.8	29.8	30.92	+ 3.21	29.0	32.1	SSW. 1	NW. 1	SSW. 1	var.	3.9	2	10	1	5	8.5	....	....
17	26.7	23.1	23.2	24.56	− 3.17	20.1	29.4	S. 0	SSW. 1	SSW. 0	SSW. 1	5.1	8	9	10	9	1.1	**15.4**	5
18	20.6	19.6	20.4	20.33	− 7.41	19.0	23.0	SSE. 1	SSE. 1	E. 1	var.	5.6	9	4	8	8	5.3	0.6	1
19	19.1	20.0	21.6	**20.03**	**− 7.73**	**18.9**	21.9	ENE. 0	N. 1	N. 1	N. 1	8.5	10	9	10	9	....	8.6	**9**
20	23.4	25.1	27.9	26.08	− 1.70	22.0	28.4	NNE. 0	S. 1	SSW. 1	var.	4.3	10	10	10	10	....	8.4	6
21	29.2	29.5	29.1	29.01	+ 1.22	28.5	29.8	W. 0	N. 1	NNE. 1	NNE. 1	6.0	10	9	10	8	4.1	....	....
22	28.5	27.6	28.4	28.13	+ 0.32	27.1	29.0	NNE. 1	N. 1	NNE. 1	N. 1	9.5	10	2	2	5	6.5	....	....
23	28.5	27.8	28.2	28.04	+ 0.22	27.4	28.5	NW. 1	NNE. 1	N. 0	var.	4.7	0	1	2	1	11.2	....	....
24	28.4	27.5	27.5	27.99	+ 0.15	27.1	28.9	WNW. 0	N. 1	N. 0	N. 1	5.1	1	1	0	1	12.8	....	....
25	27.9	27.7	28.4	27.85	0.00	27.3	28.7	N. 1	N. 1	N. 0	N. 1	5.1	0	1	2	1	12.3	....	....
26	29.2	28.9	29.6	28.98	+ 1.12	28.2	29.7	NW. 0	NNW. 1	WSW 1	var.	4.3	6	5	1	4	10.5	....	....
27	29.9	29.0	29.1	29.34	+ 1.47	28.4	30.0	E. 1	N. 1	NNE. 1	NNE. 1	6.4	0	1	0	0	12.1	....	....
28	30.0	29.1	31.1	29.69	+ 1.80	28.3	31.4	N. 1	NNW. 1	N. 0	N. 1	5.1	0	1	9	4	9.6	3.6	2
29	31.6	31.2	31.6	31.29	+ 3.39	30.6	31.8	W. 0	N. 1	NNE. 1	NNE. 1	**10.5**	9	4	10	8	6.1	1.0	2
30	32.2	32.0	31.6	**31.87**	**+ 3.96**	31.3	**32.4**	N. 1	NNW. 1	N. 0	N. 1	5.1	5	2	0	2	10.4	....	....
31	32.0	30.8	30.7	31.12	+ 3.29	30.0	32.1	W. 0	N. 1	N. 1	N. 1	4.7	0	3	0	3	9.2	....	....
Mois	28.19	27.59	27.98	27.83	+ 0.18							5.24	4.8	4.6	4.4	4.7	243.8	46.9	30

Jour du mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Ecart avec la normale	Température Min.	Température Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	Fraction de Saturation en % 1 h.	Fraction de Saturation en % 9 h.	Fraction de Saturation en % Moyenne 8 Obs.	Fraction de Saturation en % Ecart av. la norm.	Fraction de Saturation en % Min.	Fraction de Saturation en % Max.	Tempér. du Rhône Midi	Tempér. du Rhône Ecart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+19.1	+23.6	+18.5	+19.91	+ 1.69	+14.8	+26.2	77	55	75	72	+ 3	46	89	19.6	+ 2.7	1605
2	17.2	23.2	19.4	19.82	+ 1.54	15.3	25.8	88	62	72	71	+ 2	33	90	18.5	+ 1.5	1595
3	17.7	23.1	20.6	19.70	+ 1.36	13.0	25.4	75	47	73	64	− 5	34	87	18.7	+ 1.6	1600
4	19.7	21.1	18.8	19.89	+ 1.49	15.0	26.7	72	59	75	69	0	37	89	19.8	+ 2.6	1612
5	16.9	20.1	18.2	18.84	+ 0.39	15.4	23.7	83	66	77	72	+ 3	49	85	....	.....	1615
6	16.8	19.8	16.6	17.50	− 1.00	12.2	21.7	85	65	83	77	+ 8	50	91	18.4	+ 1.1	1577
7	16.0	21.8	14.7	15.85	− 2.69	10.6	24.1	83	45	91	79	+11	25	**97**	19.2	+ 1.8	1575
8	15.9	23.0	19.6	18.97	+ 0.38	11.4	26.0	75	45	61	64	− 4	26	92	19.0	+ 1.5	1565
9	19.9	21.4	16.7	19.24	+ 0.61	14.8	23.9	58	51	63	58	−10	36	72	16.3	− 1.3	1520
10	15.3	21.2	19.7	17.67	− 1.00	9.4	24.4	76	35	56	58	−10	18	91	16.1	− 1.5	1525
11	17.7	24.0	24.6	21.70	+ 3.00	12.4	31.5	74	60	56	62	− 6	**16**	90	17.3	+ 0.1	1530
12	20.4	30.4	23.4	**23.79**	+ **5.06**	15.8	**32.2**	68	40	58	55	−13	23	84	....	.....	1495
13	15.4	20.4	17.1	18.55	− 0.21	14.4	22.6	91	49	62	64	− 4	32	91	16.6	− 1.3	1520
14	16.3	21.4	16.6	17.69	− 1.10	12.8	23.7	65	39	56	56	−12	28	80	12.4	− 5.5	1520
15	15.2	21.3	14.3	17.16	− 1.65	13.0	22.9	62	39	61	**53**	**−15**	27	68	12.2	− 5.8	1510
16	13.3	20.9	16.7	16.49	− 2.34	**8.3**	23.8	70	44	65	61	− 7	30	88	14.0	− 4.0	1500
17	16.4	24.1	12.5	17.76	− 1.09	11.0	27.3	74	43	89	69	+ 1	31	95	14.7	− 3.4	1537
18	13.1	19.1	14.0	15.21	− 3.66	11.4	21.7	90	64	84	76	− 8	43	94	15.0	− 3.2	1505
19	13.0	15.9	14.7	14.25	− 4.63	11.5	16.6	94	73	84	83	+15	61	95	....	.....	1485
20	13.2	15.6	13.7	**13.83**	− **5.06**	12.0	16.0	90	83	92	**89**	**+21**	75	95	14.5	− 3.8	1505
21	15.0	17.4	17.1	16.10	− 2.79	12.5	20.0	89	76	73	80	+12	50	94	15.5	− 2.8	1537
22	15.7	19.7	17.2	17.66	− 1.24	14.5	22.0	79	61	73	71	+ 3	54	88	16.0	− 2.4	1527
23	15.4	20.2	19.5	17.48	− 1.42	11.0	22.8	83	59	76	75	+ 7	35	93	17.0	− 1.4	1545
24	17.0	22.4	18.8	18.65	− 0.24	12.2	25.0	83	49	66	70	+ 2	34	94	18.0	− 0.5	1527
25	17.2	23.7	21.2	19.79	+ 0.90	12.5	26.0	80	49	70	68	0	35	92	18.6	+ 0.1	1535
26	18.6	24.7	19.9	20.25	+ 1.37	14.0	25.8	81	54	77	70	+ 2	49	90	....	.....	1565
27	17.9	24.5	21.0	20.20	+ 1.33	13.4	26.5	78	56	76	72	+ 4	44	94	20.5	+ 1.9	1560
28	19.7	26.6	19.1	21.46	+ 2.61	14.5	30.8	81	69	81	73	+ 5	28	92	20.6	+ 2.0	1572
29	17.8	21.0	18.2	19.14	+ 0.30	16.0	23.0	84	59	78	72	+ 4	51	88	20.4	+ 1.8	1597
30	18.8	23.8	21.4	20.46	+ 1.64	15.3	25.6	82	61	80	77	+ 9	47	93	20.0	+ 1.3	1615
31	+18.4	+25.9	+22.4	+21.77	+ 2.98	+14.8	+28.0	84	50	65	68	0	43	93	20.8	+ 2.1	1605
Mois	+16.77	+21.98	+18.26	+18.61	− 0.20	+13.07	+ 24.57	79	55	73	69	+ 1			17.42	− 0.67	1519

MOYENNES DE GENÈVE. — JUILLET 1908

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	28.86	28.74	29.10	28.98	28.48	28.05	28.17	28.63	28.63
2e »	25.57	25.26	25.54	26.42	24.94	24.33	24.85	25.70	25.33
3e »	29.55	29.49	29.77	29.72	29.19	28.67	28.95	29.73	29.39
Mois	28.05	27.89	28.19	28.42	27.59	27.00	27.38	28.10	27.83

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+15.54	+14.15	+17.45	+20.63	+21.83	+22.35	+20.47	+17.49	+18.74
2e »	14.78	13.40	15.40	18.86	21.31	21.91	19.18	16.31	17.64
3e »	15.78	14.26	17.41	20.19	22.76	24.19	21.65	18.68	19.36
Mois	+15.38	+13.95	+16.77	+19.90	+21.98	+22.86	+20.47	+17.53	+18.61

Fraction de saturation en %.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
1re décade	83	85	77	59	53	51	62	77	68
2e »	76	85	78	63	53	46	62	72	67
3e »	86	89	82	67	58	50	68	78	72
Mois	82	86	79	63	55	49	64	76	69

Dans ce mois l'air a été calme 177 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{70}{48} = 1.46$.

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique.......	27.92
Nébulosité..................	4.6
Température $\frac{7+1+9}{3}$..	+19°.00
Température $\frac{7+1+2\times9}{4}$..	+18°.82
Fraction de saturation........	69 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

	mm
Press. atmosphér.. (1836-1875)	27.65
Nébulosité.. ..... (1847-1875).	4.4
Hauteur de pluie.. (1826-1875).	70mm.8
Nombre de jours de pluie. (id.).	9
Température moyenne ... (id.).	+18°.81
Fraction de saturat. (1849-1875).	68 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	62.5	62.7	54.8	57.2	74.1	46.4	57.4

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	58.6	46.9	54.6	73.8	66.5	56.1

Insolation à Jussy : 227h.6.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE JUILLET 1908

Le 1er, pluie le soir.
2, brouillard à 9 h. du soir; **le dernier glaçon a disparu sur le lac.**
3, fort vent et pluie.
les 5 et 6, brouillard et pluie.
7 et 9, brouillard le soir.
le 11, forte pluie et quelques éclairs depuis 8 h. du soir.
les 12 et 13, brouillard et pluie.
le 15, brouillard le matin; neige et pluie le soir.
17, très fort vent et pluie.
18, très forte bise, brouillard, pluie et neige.
les 19 et 20, pluie et brouillard.
le 21, brouillard.
22, pluie.
les 23, 24 et 27, brouillard.
le 26, pluie et forte bise.
29, pluie et brouillard.
31, très forte bise.

GRAND SAINT-BERNARD — JUILLET 1908

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	72.5	72.5	72.8	72.6	+ 4.7	72.3	73.0	NE. 2	NE. 2	SW. 2	NE. 2	4	5	10	6	7.0	....
2	71.9	72.1	72.1	72.0	+ 4.1	71.8	72.4	NE. 2	SW. 1	NE. 2	NE. 2	5	7	10	7	....	....
3	71.5	71.3	70.7	71.2	+ 3.2	70.6	71.6	SW. 2	NE. 1	SW. 2	SW. 2	0	5	4	3	8.0	....
4	69.2	69.7	69.3	69.4	+ 1.4	69.0	69.9	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	2	10	4	5	....	....
5	67.8	68.8	68.3	68.3	+ 0.2	67.6	69.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	3	10	10	8	1.8	....
6	67.4	66.5	66.5	66.8	− 1.3	66.4	68.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	9	7	10	9	0.5	....
7	66.7	67.5	69.1	67.4	− 0.8	66.6	69.3	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	9	3	10	7	....	....
8	69.2	69.5	69.6	69.4	+ 1.2	69.0	69.7	NE. 1	SW. 1	calme	var.	0	2	0	1	....	....
9	68.9	69.1	69.7	69.2	+ 0.9	68.8	70.0	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	7	8	10	8	....	....
10	70.4	71.0	71.5	71.0	+ 2.7	70.2	71.6	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	1	0	0	0	....	....
11	71.3	71.4	71.8	71.5	+ 3.2	71.2	71.9	NE. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	2	5	2	7.8	....
12	69.1	68.5	67.6	68.4	0.0	67.0	69.5	SW. 3	SW. 3	SW. 3	SW. 3	10	8	10	9	3.4	....
13	65.2	65.6	67.5	66.1	− 2.3	65.1	67.6	SW. 3	SW. 1	SW. 1	SW. 2	10	10	10	10	8.5	....
14	66.4	67.3	68.3	67.3	− 1.2	66.3	68.5	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	9	7	2	6	....	....
15	67.6	67.9	68.7	68.1	− 0.4	67.5	68.9	NE. 1	NE. 1	NE 1	NE. 1	9	8	10	9	7.0	**2**
16	69.1	69.6	69.6	69.4	+ 0.8	69.1	69.7	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	8	0	3	....	....
17	68.4	66.4	63.2	66.0	− 2.6	61.5	69.0	SW. 1	SW. 3	SW. 4	SW. 3	5	5	10	7	3.0	....
18	59.8	59.4	59.7	**59.6**	**− 9.0**	59.3	61.8	NE. 1	NE. 3	NE. 3	NE. 2	10	7	10	9	8.2	**2**
19	57.8	59.4	61.8	59.7	− 8.9	**57.4**	62.1	NE. 2	NE. 2	NE. 1	NE. 2	10	10	10	10	1.0	....
20	63.0	64.5	66.3	64.6	− 4.1	62.8	67.1	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	10	10	10	10	**13.2**	....
21	68.1	69.5	69.5	69.0	+ 0.3	67.9	70.0	NE. 2	NE 1	NE. 2	NE. 2	10	5	10	8	....	....
22	69.3	68.8	69.0	69.0	+ 0.3	68.4	69.4	NE. 1	SW. 2	NE. 1	NE. 1	0	6	10	5	7.0	....
23	69.0	69.2	69.8	69.3	+ 0.6	68.9	70.0	NE. 2	NE. 2	NE. 2	NE. 2	10	1	0	4	....	....
24	69.3	69.5	70.1	69.7	+ 0.9	69.1	70.2	NE. 2	NE. 2	NE. 2	NE. 2	0	3	10	4	....	....
25	69.3	70.0	70.8	70.0	+ 1.2	69.1	71.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	2	4	2	....	....
26	71.3	71.0	71.6	71.3	+ 2.5	70.5	71.8	NE. 2	NE. 2	NE. 2	NE. 2	3	5	6	5	1.0	....
27	71.2	71.6	72.3	71.7	+ 2.9	71.0	72.5	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	1	10	4	....	....
28	72.2	72.5	72.5	72.4	+ 3.6	72.0	72.7	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	0	5	7	4	....	....
29	71.0	71.4	71.9	71.4	+ 2.6	70.9	72.4	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	9.8	....
30	73.6	74.1	**74.0**	**73.9**	**+ 5.0**	73.4	**74.2**	NE. 2	SW. 1	NE. 1	NE. 1	10	6	0	5	....	....
31	73.5	73.3	73.0	73.3	+ 4.4	72.9	73.7	NE. 1	NE. 2	NE. 3	NE. 2	0	1	4	2	....	....
Mois	68.74	69.00	69.31	69.02	+ 0.54							5.0	5.7	7.0	5.9	87.2	4

Jour du mois	Température 7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	Fraction de saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	+ 7.1	+11.5	+ 5.0	+ 7.9	+ 2.5	+ 5.0	+12.0	44	51	90	62	35	96
2	7.6	9.2	5.8	7.5	+ 2.0	5.2	9.9	75	71	100	82	66	100
3	7.4	11.4	4.6	7.8	+ 2.3	4.5	12.1	71	54	81	69	43	89
4	5.6	6.7	5.2	5.8	+ 0.2	4.8	9.1	90	75	79	81	59	97
5	5.4	7.6	3.8	5.6	0.0	3.6	9.0	85	86	100	90	67	100
6	4.2	7.2	2.5	4.6	- 1.1	+ 2.2	8.2	81	81	100	87	63	100
7	0.2	6.3	2.4	3.0	- 2.7	0.0	6.7	92	55	100	82	48	100
8	3.2	9.7	7.2	6.7	+ 0.9	+ 2.0	11.8	68	45	60	58	32	92
9	5.3	6.2	2.9	4.8	- 1.0	1.0	7.9	78	75	100	84	52	100
10	5.4	11.8	8.9	8.7	+ 2.8	5.1	12.5	51	52	67	**57**	40	83
11	7.5	11.7	8.0	9.1	+ 3.2	5.9	13.0	81	66	74	74	51	91
12	6.4	8.1	5.5	6.7	+ 0.7	4.3	9.0	100	79	100	93	62	100
13	4.6	6.3	1.8	4.2	- 1.8	1.5	7.2	100	75	100	92	62	100
14	2.4	6.2	+ 2.6	3.7	- 2.4	+ 1.1	6.4	82	66	88	79	46	91
15	+ 1.0	5.2	- 0.2	2.0	- 4.1	- 1.2	5.3	78	72	100	83	63	100
16	- 0.7	6.2	+ 4.2	3.2	- 2.9	**- 2.0**	6.5	88	68	77	78	51	91
17	+ 7.0	10.4	3.8	7.1	+ 0.9	+ 0.3	10.9	57	50	86	64	**31**	94
18	- 0.1	3.5	0.4	1.3	- 4.9	- 0.7	3.7	100	80	100	93	65	100
19	- 0.3	1.0	1.0	**0.6**	**- 5.6**	- 1.0	1.3	100	100	100	100	94	100
20	+ 1.2	3.3	2.3	2.3	- 4.0	+ 1.0	3.7	100	100	100	100	96	100
21	3.4	7.1	5.8	5.4	- 0.9	1.8	7.8	100	100	100	100	80	100
22	7.4	10.0	7.0	8.1	+ 1.8	3.2	10.1	92	82	100	91	67	100
23	4.1	11.4	6.0	7.2	+ 0.9	3.3	11.6	98	50	86	81	50	100
24	6.2	12.1	8.2	8.8	+ 2.4	4.9	12.3	87	55	95	79	45	98
25	7.7	12.7	7.6	9.3	+ 2.9	6.2	12.8	85	64	87	79	54	88
26	7.2	10.8	7.1	8.4	+ 2.0	5.6	12.0	90	65	100	85	44	100
27	7.1	13.1	9.2	9.8	+ 3.4	5.9	13.2	75	60	95	77	49	97
28	8.8	13.2	8.4	**10.1**	**+ 3.7**	7.0	**15.0**	82	62	95	80	55	98
29	5.8	5.6	5.0	5.5	- 0.9	3.9	7.4	98	93	86	92	71	100
30	5.6	9.0	7.8	7.5	+ 1.1	4.0	10.0	74	62	95	77	52	98
31	+ 8.2	+13.6	+ 8.4	**+10.1**	**+ 3.7**	+ 6.8	+13.8	63	48	100	70	46	100
Mois	+ 4.90	+ 8.65	+ 5.10	+ 6.22	+ 0.06	+ 3.07	+ 9.43	83	69	92	81		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — JUILLET 1908

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — $0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500^{mm} + / **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	69.55	69.80	69.96	69.77	74	65	88	75
2e »	65.77	66.00	66.45	66.07	89	76	93	86
3e »	70.71	70.99	71.32	71.00	86	68	94	83
Mois	68.74	69.00	69.31	69.02	83	69	92	81

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	+ 5.14	+ 8.76	+ 4.83	+ 6.24	+ 5.89
2e »	2.90	6.19	2.94	4.01	3.74
3e »	6.50	10.78	7.32	8.20	7.98
Mois	+ 4.90	+ 8.65	+ 5.10	+ 6.22	+ 5.94

Dans ce mois l'air a été calme 11 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{103}{35} = 2.94$.

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
	mm	mm	mm	mm
Eau en millimètres.....	59.4	42.6	59.1	87.2
Neige en centimètres....	0^{cm}	0^{cm}	0^{cm}	4^{cm}

RECHERCHES CRITIQUES

SUR LES

THÉORIES ÉLECTRODYNAMIQUES

DE CL. MAXWELL ET DE H.-A. LORENTZ

PAR

Walter RITZ

L'histoire des idées nouvelles introduites par Maxwell dans la science de l'électricité et des théories qui en dérivent, constitue certainement un des chapitres les plus intéressants, surtout au point de vue psychologique, de l'histoire des sciences. On sait avec quelle répugnance les esprits, habitués à la clarté limpide qui donnait aux théories classiques de la physique mathémathique une si haute valeur esthétique, ont admis ces idées nouvelles, perturbatrices de l'ordre établi, et qui semblaient, il faut bient l'avouer, étrangement confuses à première vue. C'est de 1856 que date la première publication de Maxwell, « On Faraday's Lines of Force » ; trente ans plus tard encore, il fallut toute l'autorité d'un Helmholtz pour obtenir que la théorie nouvelle fût, non pas admise, mais du moins trouvée digne de quelque intérêt. Ce furent les expériences de Hertz et de ceux qui l'ont suivi qui, en démontrant

l'identité de la lumière et des oscillations électriques, et confirmant ainsi les vues géniales de Maxwell, brisèrent les dernières résistances et donnèrent à cette théorie droit de cité en physique. On reconnut ensuite que l'origine des obscurités de l'œuvre de Maxwell résulte en grande partie de ce qu'on y trouve réunies deux tendances très différentes : celle d'une tentative d'explication des actions électriques par les propriétés du milieu qui en est le véhicule (explication qui conduit Maxwell à des hypothèses accessoires diverses et où, malgré ses efforts, il a complètement échoué en ce qui concerne l'électrostatique), et celle d'une description purement phénoménologique au moyen d'équations aux dérivées partielles et d'une hypothèse sur l'énergie électromagnétique, et où interviennent certains vecteurs qui caractérisent l'état électrique et magnétique du corps. Il n'y a qu'à choisir cette seconde méthode pour être à l'abri de bien des difficultés.

La théorie de Maxwell, étendue par Hertz aux corps en mouvement, ne s'accorde pas avec certaines expériences optiques (aberration, expérience de Fizeau, etc.), ni avec celles d'Eichenwald sur l'action des diélectriques mobiles. La forme nouvelle que H.-A. Lorentz donna à la théorie de Maxwell, au contraire, est en parfait accord avec ces expériences ; de plus, en reprenant l'hypothèse de Fechner et de Weber, que tout courant électrique est un courant de convection, c'est-à-dire est dû au transport de l'électricité, hypothèse que les recherches récentes confirment de plus en plus, il simplifia considérablement les équations ; la constitution atomique qu'il attribua à l'électricité permet une vue plus claire et plus précise des

phénomènes. Enfin, en considérant l'éther comme immobile et présent même à l'intérieur des atomes, il supprima une indétermination de la théorie de Maxwell qui n'avait pu être corrigée jusqu'alors, indétermination résultant des mouvements de l'éther, qu'exigeait aussi, sans les préciser suffisamment, la théorie de Hertz, mais qu'aucune expérience n'avait jamais pu mettre en évidence. Enfin, la compénétrabilité réciproque et complète de l'éther et de la matière explique que les corps se meuvent à travers l'éther sans éprouver de résistance, et que le « vent d'éther » de 30 km. à la seconde qui, selon Fresnel et Lorentz, traverse la terre emportée dans son mouvement autour du soleil, n'ait jamais pu être mis en évidence, même par les expériences les plus délicates.

En réduisant ainsi la théorie de Maxwell à son expression la plus simple, et en supprimant bien des difficultés mathématiques, M. H.-A. Lorentz a comblé l'abîme qui séparait la théorie de Maxwell des théories classiques, fondées sur la notion d'action à distance, et précisé les rapports réciproques des équations de Weber et de Clausius d'une part, de celles de Maxwell et des siennes d'autre part. Ce rapport est, comme on le verra, bien plus étroit qu'on n'aurait cru au premier abord.

Mais la théorie ainsi simplifiée présente un autre avantage : c'est celui de permettre une critique plus rigoureuse des principes sur lesquels elle s'édifie. Ces principes sont de diverses sortes. Ce sont, d'abord, les bases expérimentales de la théorie : l'expérience, qui semble à première vue avoir si pleinement confirmé la théorie, n'aurait-elle pas, sans qu'on s'en doutât, porté

toujours sur certains points en laissant d'autres, tout aussi importants, dans l'ombre ? Quelles sont les modifications qu'on pourrait apporter aux formules de Lorentz sans toucher à aucun fait d'expérience ?

En second lieu, quelle est la signification *vraie* des vecteurs force électrique **E**, force magnétique **H**, qui entrent dans les équations ? Et comment se fait le passage de celles-ci aux faits d'expérience qu'elles doivent représenter ? Des questions analogues se sont posées, on le sait, pour la mécanique, et n'ont reçu leur solution que bien récemment. Or, par la notion de masse électromagnétique, par l'impuissance où la théorie se trouve d'expliquer les phénomènes par les propriétés mécaniques de l'éther, la physique moderne a été amenée à concevoir inversement une origine électromagnétique des lois de la mécanique, et à faire ainsi de l'électrodynamique le pivot d'une conception nouvelle de la nature, remplaçant l'ancienne conception mécanique. Il est donc particulièrement important qu'aucun nuage ne voile les fondements logiques de ce vaste édifice intellectuel.

On sait que, parmi ces bases, se trouve l'hypothèse d'un système absolu de coordonnées et que l'expérience de Michelson et Morley, et d'autres plus récentes, ont sur ce point donné un démenti formel à la théorie : comme en mécanique, la translation uniforme d'un système ne semble pas avoir d'influence sur les phénomènes optiques et électromagnétiques qui s'y passent. MM. Lorentz, Einstein, Poincaré et d'autres, se sont donc demandé quelles hypothèses nouvelles il faudrait introduire pour rendre raison de ce fait, *sans toucher*

aux équations fondamentales. Il se trouva qu'il faut renoncer à la notion classique d'un temps universel ; faire de la simultanéité une notion toute relative, supprimer la conception de l'invariabilité de la masse, supprimer celle de corps rigides et supprimer les axiomes de la cinématique, le parallélogramme des vitesses, etc. Lorsqu'un grain de radium émet dans deux sens opposés des rayons β de 250,000 km.-sec. de vitesse, on ne dira plus que la vitesse relative de ces rayons est de 500,000 km.-sec., mais elle sera égale à 294,000 km.-sec. De même, deux temps égaux pour un observateur A ou deux événements simultanés ne le seront plus pour un observateur B, mobile par rapport à A. Et, chose curieuse et digne de remarque, alors que, il y a peu d'années, on aurait cru suffisant, pour réfuter une théorie, de montrer qu'elle entraîne seulement l'une ou l'autre de ces conséquences : à l'heure qu'il est, les équations de Maxwell sont considérées comme si absolument intangibles, que ces conséquences n'ont effrayé personne. Plutôt que de conclure que les équations ont besoin d'être modifiées plus ou moins profondément, on se décide à sacrifier la cinématique, la notion de temps, etc. Après avoir ignoré plus ou moins systématiquement, pendant trente ans, une théorie féconde, nous tombons dans l'extrême opposé. Ces équations méritent-elles vraiment une confiance si excessive ?

La réponse est nettement négative, et je me propose de présenter ici un résumé des critiques auxquelles donne lieu la théorie de Maxwell et de Lorentz et des incertitudes expérimentales qu'elle comporte. Le lec-

teur trouvera dans un autre mémoire[1] le détail des démonstrations.

Rappelons d'abord, en quelques mots, les équations fondamentales de M. Lorentz. Soit H le vecteur magnétique, E le vecteur (ou force) électrique, c la vitesse de la lumière, $\rho(x, y, z, t)$ la densité électrique en un point x, y, z à l'instant t, v la vitesse de cette charge liée à un ion ou électron; enfin désignons par A_l la composante d'un vecteur A dans la direction l. On a

$$\text{(I)} \quad \frac{dH_z}{dy} - \frac{dH_y}{dz} = \frac{1}{c}\frac{dE_x}{dt} + 4\pi\rho\frac{v_x}{c}; \frac{dH_x}{dz} - \frac{dH_z}{dx} = \frac{1}{c}\frac{dE_y}{dt} + 4\pi\rho\frac{v_y}{c}, \ldots$$

$$\text{(II)} \quad \frac{dE_z}{dy} - \frac{dE_y}{dz} = \frac{-1}{c}\frac{dH_x}{dt}; \frac{dE_x}{dz} - \frac{dE_z}{dx} = \frac{-1}{c}\frac{dH_y}{dt}, \ldots$$

$$\text{(III)} \quad \frac{dE_x}{dx} + \frac{dE_y}{dy} + \frac{dE_z}{dz} = 4\pi\rho$$

$$\text{(IV)} \quad \frac{dH_x}{dx} + \frac{dH_y}{dy} + \frac{dH_z}{dz} = o$$

$$\text{(V)} \quad \frac{d\rho}{dt} + \frac{d(\rho v_x)}{dx} + \frac{d(\rho v_y)}{dy} + \frac{d(\rho v_z)}{dz} = o$$

Le champ ainsi créé dans l'éther exerce sur l'élément de charge $\rho d\tau$ la force mécanique représentée par le vecteur $F\rho d\tau$, où

$$\text{(VI)} \quad F_x = E_x + \frac{1}{c}(v_y H_z - v_z H_y); F_y = E_y + \frac{1}{c}(v_z H_x - v_x H_z), \ldots$$

M. Lorentz considère uniquement une certaine intégrale particulière du système I à V, qui s'obtient par la considération des « potentiels retardés ». On démontre, en effet, que toute intégrale de ce système peut s'écrire sous la forme :

[1] W. Ritz. Recherches critiques sur l'électrodynamique générale. *Ann. de chim. et de phys.*, février 1908. Consulter aussi un article de l'auteur intitulé : « Du rôle de l'éther en physique », *Rivista di Scienza*, juin 1908.

$$\text{(VII)}\ E_x = -\frac{d\Phi}{dx} - \frac{1}{c}\frac{dA_x}{dt};\ E_y = -\frac{d\Phi}{dy} - \frac{1}{c}\frac{dA_y}{dt}; \ldots$$

$$\text{(VIII)}\ H_x = \frac{dA_z}{dy} - \frac{dA_y}{dz};\ H_y = \frac{dA_x}{dz} - \frac{dA_z}{dx}, \ldots$$

les fonctions Φ (potentiel scalaire) et $A_x\ A_y\ A_z$ (composantes du potentiel vecteur) étant continues avec leurs dérivées premières dans tout l'espace, s'annulant à l'infini, et satisfaisant aux équations :

$$\text{(IX)}\ \frac{1}{c^2}\frac{d^2\Phi}{dt^2} - \Delta\Phi = 4\pi\rho$$

$$\text{(X)}\ \frac{1}{c^2}\frac{d^2A_x}{dt^2} - \Delta A_z = \frac{4\pi\rho v_x}{c},\ \frac{1}{c^2}\frac{d^2A_y}{dt^2} - \Delta A_y = \frac{4\pi\rho v_y}{c}, \ldots$$

$$\text{(XI)}\ \frac{dA_x}{dx} + \frac{dA_y}{dy} + \frac{dA_z}{dz} = -\frac{1}{c}\frac{d\Phi}{dt}.$$

Les fonctions

$$\text{(XII)}\ \Phi(x, y, z, t) = \iiint \frac{[\rho']d\tau'}{r},$$

$$\text{(XIII)}\ A_x = \frac{1}{c}\iiint \frac{[\rho' v'_x]}{r}\, d\tau',\ A^y = \iiint \frac{[\rho' v'_y]}{r}, \ldots$$

sont des intégrales *particulières* du système IX, X, XI ; elles ont la forme de potentiels newtoniens, avec cette différence qu'au lieu de prendre la valeur de ρ au point $x'\ y'\ z'$ à l'instant t, il faut le prendre à l'instant *antérieur* $t - \frac{r}{c}$, où r est la distance des points $x\,y\,z$, $x'y'z'$; c'est ce qu'avec M. Lorentz nous indiquons par la notation $[\rho']$, $[\rho' v_x']$, etc.; on a plus généralement

$$[f'] = f\left(x', y', z', t - \frac{r}{c}\right)$$

Le champ est dès lors complètement déterminé et, en introduisant ces valeurs dans VII, VIII et VI, on

on obtient une expression analogue. c'est-à-dire une intégrale triple étendue à des « forces retardées », expression assez compliquée, et que nous n'écrirons pas, mais qui exprime la force subie par un point électrique de charge égale à l'unité, au moyen d'actions élémentaires analogues à celles que l'on considérait dans l'ancienne électrodynamique, à la notion de transmission non instantanée près, qu'on retrouve d'ailleurs chez Gauss. De cette formule résulte, dans le cas où deux électrons sont à une distance finie l'un de l'autre, et sous certaines conditions générales qui sont ici sans importance, l'expression suivante[1] de la force qu'exerce l'électron e' dont la vitesse est v_x', v_y', v_z', et l'accélération w_x', w_y', w_z', sur l'électron e, de vitesse v :

$$\text{(XIV)}\quad F_x = e e' \left\{ K_x + \frac{1}{c}\left[\left(v_x K_x + v_y K_y + v_z K_z\right)\cos(rx) - v_r K_x\right]\right\};$$

où K est la force électrique en x, y, z et a pour expression

$$\text{(XV)}\quad K_x = -\frac{w'_x}{c^2 r\left(1-\frac{v'_r}{c}\right)^2} + \frac{1-\frac{v'^2}{c^2}+r\frac{w'_r}{c^2}}{r^2\left(1-\frac{v'_r}{c}\right)^2}\left[\cos rx - \frac{v'_x}{c}\right],\quad K_y = \ldots$$

La distance r est dirigée dans le sens de e' à e et les quantités v', w' doivent être prises à un instant antérieur t' tel que l'onde émanée de e' à cet instant atteigne e à l'instant t. Les coordonnées x', y', z' de e', x, y, z de e et leurs dérivées, les vitesses et les accélérations étant des fonctions bien déterminées du temps,

[1] Cette expression a été donnée par M. Schwarzschild, *Göttinger Nachr. Math. physik. Klasse* 1903, p. 126; voir aussi H. Poincaré, *Rendiconti del Circ. math. di Palermo*, **21**, p. 129 (1906), et M. Langevin, *Journal de Physique*, 1904.

l'instant d'émission t' est donné en fonction implicite de t par l'équation

$$(\mathrm{XV}a)\ c^2(t-t')^2 = [x(t) - x'(t')]^2 + [y(t) - y'(t')]^2 + [z(t) - z'(t')]^2$$

Dans le cas où les vitesses sont très inférieures à celle de la lumière, et où les changements ne sont pas trop rapides (états quasi-stationnaires), c'est-à-dire dans la plupart des cas qui se présentent en électrodynamique (en exceptant les oscillations hertziennes et les expériences de. M. Kaufmann sur les rayons β), on peut développer une fonction telle que $f\left(t-\frac{r}{c}\right)$ par la formule de Taylor

$$f\left(t-\frac{r}{c}\right) = f(t) - \frac{r}{c} f'(t) + \frac{r^2}{2c^2} f''(t) - \ldots$$

et négliger les termes ayant $\frac{1}{c^3}$ en facteur. On obtient alors l'action élémentaire exercée par e' sur e sous la forme d'une action à distance, ρ étant la distance et v, v', w' les vitesses et accélérations *actuelles* de e et e' :

$$(\mathrm{XVI})\ \mathrm{F}_x = ee' \left\{ \frac{\cos \rho x}{\rho^2} \left(1 + \frac{v'^2 - 3v_\rho'^2 - 2v_x v'_x - 2v_y v'_y - 2\, v_z v'_z}{2c^2}\right) + \frac{v_x' v_\rho}{\rho^2 c^2} - \frac{w'_x + w'_\rho \cos(\rho x)}{2\rho c^2} \right\}, \ \mathrm{F}_y = \ldots$$

Cette forme est particulièrement propre à la discussion et à une comparaison avec les théories classiques.

Ce qui vient d'être dit de la théorie de Lorentz suffira pour permettre au lecteur de s'orienter sur les critiques qui doivent être adressées à cette théorie.

Et d'abord, comme il a été dit plus haut, M. Lorentz ne considère que les intégrales particulières XII et XIII du système d'équations aux dérivées partielles

IX, X et XI; par hypothèse, il écarte toute autre intégrale. Remarquons l'importance fondamentale de cette restriction. Par opposition aux phénomènes mécaniques, les phénomènes électromagnétiques sont en général irréversibles à cause de la radiation. Mais les équations de Lorentz ne changent pas quand on y change le signe du temps : elles contiennnent l'affirmation de la réversibilité. Au contraire, dans les potentiels retardés et les actions élémentaires XIV, les directions positive et négative du temps jouent des rôles tout différents. On y a *introduit une vitesse dont il est, par hypothèse, impossible* de changer le sens : c'est la vitesse avec laquelle les ondes *s'éloignent* constamment des corps qui les ont émises : c'est de là que découle l'irréversibilité des phénomènes électromagnétiques. Or, on vérifie facilement que le système IX, X et XI admet une infinité d'autres intégrales que XII et XIII, satisfaisant aux conditions de continuité et aux conditions à l'infini : l'intégrale générale comporte, en effet, deux fonctions arbitraires. Parmi ces intégrales, les unes correspondent à des ondes convergentes : au lieu de l'argument $t - \frac{r}{c}$ elles dépendent de l'argument $t + \frac{r}{c}$ et ont, au reste, la forme XII et XIII : ces ondes viennent donc de l'infini et convergent uniquement vers les points où se trouvent des charges électriques, de même que les potentiels retardés correspondent uniquement à des ondes qui s'éloignent de tels points. D'autres intégrales, au contraire, peuvent être considérées comme correspondant à des ondes qui convergent vers des points de l'éther ou s'en éloignent. Or,

on démontre que toutes ces ondes sont physiquement absurdes, car elles entraînent la possibilité d'un perpetuum mobile. En particulier, si dans XII et XIII, on change $t - \frac{r}{c}$ en $t + \frac{r}{c}$, c'est-à-dire si l'on change le signe de c, on vérifie sans peine que le signe du vecteur radiant de Poynting change. Puisque la première solution correspond à des corps qui *perdent* de l'énergie lorsqu'ils rayonnent (c'est-à-dire lorsqu'ils contiennent des particules animées de mouvements non uniformes) la seconde correspond à un *gain d'énergie*, et cette énergie n'est perdue par aucun autre corps, elle vient de l'infini, et est fournie uniquement par l'éther, réservoir inépuisable d'énergie électro-magnétique. Or, un système qui, dans de telles conditions, gagne de l'énergie, est un perpetuum mobile. *Les équations de Maxwell et de Lorentz admettent donc une infinité de solutions satisfaisant à* toutes *les conditions de la théorie, mais incompatibles avec l'expérience*.

Il est donc certainement indispensable de faire, soit sur l'état initial, soit sur les conditions à l'infini, des hypothèses supplémentaires qui écartent d'une manière absolument générale et complète toute autre solution que XII et XIII. Or, il semble que cela soit impossible sans renoncer aux bases même de la théorie. J'ai montré, en effet (*loc. cit.*, p. 166 et suiv.), que la seule condition admissible et suffisante est que les formules XII et XIII soient vérifiées pour l'état initial à l'instant $t = t_0$ et pour l'instant consécutif $t_0 + dt$. Toutes les autres hypothèses proposées jusqu'ici, en particulier l'hypothèse faite par Poincaré, Abraham et d'autres, que les champs sont nuls à grande distance

pour l'instant initial t_0 sont inadmissibles ; la dernière, par exemple, conduit pour $t < t_0$ à des ondes *uniquement convergentes*. Mais exiger qu'aux instants t_0 et $t_0 + dt$ le champ corresponde aux formules XII, XIII, c'est exprimer une condition qui n'a pas de sens, surtout dans les idées de Maxwell. Celui-ci, en effet, considérait comme un point essentiel de sa doctrine qu'elle n'entraîne pas la considération des actions élémentaires et de l'origine du champ, et qu'elle n'a à se préoccuper que de l'entourage immédiat du point considéré. On voit qu'il n'en est rien et que, pour éliminer les solutions physiquement impossibles de ces équations, il ne reste qu'à adopter *a priori* les formules des potentiels retardés, qui distinguent les actions élémentaires comme les théories classiques, et à vérifier qu'elles satisfont aux équations. Ces actions élémentaires peuvent donc complètement remplacer les équations aux dérivées, tandis que la proposition inverse n'est pas vraie. *Les équations aux dérivées partielles sont essentiellement impropres à exprimer l*'ensemble *des lois de la propagation des actions électriques et lumineuses.*

Mais adoptons la formule des potentiels retardés. Quelle est alors la signification des vecteurs E, H, qui semblent être des conceptions si essentielles de la théorie ? Je dis que ces vecteurs s'éliminent complètement et ne jouent que le rôle d'une construction mathématique utile dans un certain nombre de cas particuliers [1]. En effet, sans connaître la signification de E

[1] Ordinairement, on définit E comme force mécanique s'exerçant sur l'unité de charge en un point, cette charge étant en repos par rapport à l'éther. Or, nous ne savons réaliser cette con-

et H, on peut par hypothèse intégrer les équations au moyen de XII, XIII; on n'aura qu'à introduire ces valeurs dans VII, VIII, VI pour obtenir la quantité F (ou force mécanique exercée sur l'unité de charge) exprimée comme somme d'actions élémentaires exercées par les autres éléments de la charge. Or, F s'élimine lui-même, car le repos et le mouvement de l'électron ou du système électrisé est, par hypothèse (qu'il existe ou non des masses réelles), déterminé par le principe d'Alembert

$$\text{(XVII)}\quad \Sigma\left(m\frac{d^2x}{dt^2} - F_x - P^x\right)\delta_x + \ldots = o,$$

où l'on suppose F_x remplacée par sa valeur donnée par les actions élémentaires et où P représente la résultante des forces non électriques. Or, c'est seulement ce mouvement ou ce repos, qui font l'objet de l'expérience; le champ dans l'éther pur ne joue jamais de rôle. En effet, pour connaître le champ en un point, nous sommes obligés d'y placer une charge électrique. Il en serait autrement si E, H, modifiant l'éther, le mettaient en mouvement ou changeaient ses propriétés, comme le supposait Maxwell. On pourrait alors, par exemple par des interférences d'ondes lumineuses, mettre en évidence ces modifications sans placer une charge au point considéré. De nombreuses expériences entreprises dans ce sens ont constamment donné des résultats négatifs; l'hypothèse de tels mouvements n'a, d'autre part, conduit à aucune explication mécanique

dition; la définition doit donc être rejetée. En réalité, on n'observe jamais que F, et l'on en déduit E, H par VI; ces vecteurs sont définis par les équations, à quelque point de vue qu'on se place.

des lois électrodynamiques. M. Lorentz et avec lui beaucoup de physiciens ont donc été amenés à en faire abstraction.

Nous voyons donc qu'en se plaçant uniquement au point de vue des faits, on peut se passer complètement des notions de champ électrique et magnétique et des équations aux dérivées partielles, avec leurs conditions de continuité : ces éléments sont insuffisants, nous l'avons vu, pour déterminer la solution ; ce sont les actions élémentaires, ou plus exactement l'équation XVII, et non les équations aux dérivées partielles. qui sont l'expression complète et adéquate de la théorie de Lorentz. Les premières ont d'ailleurs le grand avantage de ne contenir que des relations de temps et d'espace, avec certains coefficients invariables nommés charges électriques. La notion de force s'en élimine complètement.

Or, comme l'a montré M. Schwarzschild (*loc. cit.*), ces actions élémentaires se rattachent de la façon la plus immédiate aux théories classiques. Clausius avait indiqué une formule qui exprime, dans l'hypothèse des actions à distance, l'action d'une charge en mouvement sur une autre (formule analogue à la célèbre formule de Weber, mais qui part de la considération de mouvements absolus) ; il suffft d'y introduire la loi de propagation de la lumière, pour obtenir la formule de Lorentz. Si l'on songe que cette même idée était déjà venue à Gauss et à Riemann, on s'étonnera de voir combien, sous ce rapport, la science s'est éloignée du développement en ligne droite, et par quels chemins détournés, par quelles broussailles logiques elle a passé pour revenir si près de son point de départ.

Mais, à suivre ces chemins détournés, elle a gagné sous bien des rapports. Elle a appris à concevoir la lumière comme un phénomène électromagnétique, et cette conception fondamentale a modifié profondément l'optique elle-même. Car tout ce qui a été dit plus haut des phénomènes électriques s'appliquera à l'optique. L'éther, les équations aux dérivées partielles pourront être considérés comme secondaires ; en réalité, ce qui s'observe, ce ne sont que des actions élémentaires entre les ions ou électrons de la source de lumière, ceux de l'appareil optique et ceux de la rétine ou de la plaque photographique. Tous les phénomènes optiques dérivent de là par le principe de superposition.

L'éther, qui semblait une conception essentielle de la théorie, s'est dérobé à toute expérience et, d'étape en étape, il a fallu réduire son rôle à celui d'un système de coordonnées absolues, c'est-à-dire indépendantes de la matière ordinaire, système par rapport auquel il faut mesurer les vitesses des ondes et des électrons. Faut-il s'étonner que l'expérience n'ait pas voulu de ce fantôme mathématique et que, contrairement aux formules de Lorentz, le mouvement absolu ne semble pas jouer de rôle en physique ?

Mentionnons, en passant, d'autres objections auxquelles donne lieu la notion de l'éther telle qu'elle est généralement admise par les physiciens modernes : la répartition et le mouvement de l'énergie restent, dans une large mesure, arbitraires ; il existe même plusieurs solutions *simples* du problème (*loc. cit.*, p. 172-179) ; de plus, en supprimant le mouvement de l'éther, on a supprimé le principe de l'action et de la réaction, alors que d'autres images que l'on peut se faire de la

propagation des ondes permettent de sauvegarder ce principe, comme on le verra plus loin. Enfin, la notion de champ ne peut s'appliquer à la gravitation (*loc. cit.*, p. 179), comme l'a remarqué Maxwell lui-même : l'éther devrait se trouver en équilibre instable, à cause du signe négatif de l'énergie de gravitation. Cette notion de champ ne saurait donc constituer une base générale capable de remplacer la mécanique[1].

Les formules XIV, XV des actions élémentaires de charges ponctuelles qui, d'après ce qui vient d'être dit, résument la théorie de Lorentz, contiennent les vitesses absolues soit explicitement, soit par la loi de propagation XV*a*. Puisque, jusqu'ici, les vitesses relatives seules ont joué un rôle dans l'expérience, il est évident, *a priori*, qu'il doit être possible, sans entrer en contradiction avec les faits observés, d'apporter des changements importants à ces formules, en ce qui concerne les vitesses, c'est-à-dire que ces formules sont *hypothétiques* dans une large mesure. Pour préciser ces changements, considérons d'abord les phénomènes quasi-stationnaires où la formule XVII s'applique. Il n'a jusqu'ici été possible d'observer les actions électrodynamiques ou électromagnétiques qui dépendent des vitesses des ions que dans le cas où le champ magné-

[1] Je ne puis exposer ici les difficultés auxquelles donne lieu la notion de l'éther élastique, ni montrer combien est superficielle l'analogie des équations de Maxwell ou de l'optique avec celles des corps élastiques, analogie qui a donné à Maxwell et à tant d'autres l'espoir vain, on n'en saurait plus douter, d'une explication mécanique des actions étectriques. Le lecteur trouvera un exposé de la question dans les mémoires cités plus haut et dans la seconde édition de « Electricité et Optique », de H. Poincaré (4e partie). Paris, 1901.

tique est dû à un courant fermé ou sensiblement fermé, et où certaines vitesses sont négligeables par rapport à d'autres. Les expériences sur l'induction par le mouvement, sur les rayons cathodiques, celles de Rowland, d'Eichenwald, etc., appartiennent à cette catégorie. On trouve alors que dans XVI :

1° les termes en v'^2, $v_\rho'^2$, introduits par le développement en séries de $f\left(t - \frac{r}{c}\right)$ restent sans influence sensible ;

2° aux termes

$$\frac{ee'}{\rho^2 c^2}\left\{ -[v_x v'_x + v_y v'_y + v_z v'_z] \cos \rho x + v'_x v_\rho \right\} = f_x, \ldots$$

on peut substituer

$$ec' \frac{\cos \rho x}{\rho^2 c^2}\left\{ -(v_x v'_x + v_y v'_y + v_z v'_z) + 3\, v_\rho\, v_\rho' \right\} = f_{1x}, \ldots$$

(ce qui correspond à la formule d'Ampère pour l'action de deux éléments de courant), et plus généralement, on peut ajouter à ces termes la différence $A(f_x - f_{1x})$, $A(f_y - f_{1y})$...., où A est une constante *arbitraire*, sans que cette addition modifie l'accord de la théorie et de l'expérience. Enfin, on peut compléter ces expressions par des termes en v'^2, v^2, etc., de manière à ce qu'elles ne contiennent plus *que les vitesses relatives*, et que l'action soit égale à la réaction, ce qui n'est pas le cas pour f. En posant

$$v_x - v_x' = u_x, \text{ etc.}, \; u_x^2 + u_y^2 + u_z^2 = u^2$$

et désignant par k une constante arbitraire, l'expression la plus générale des termes électrodynamiques qui ne contient que les vitesses relatives devient

$$f_{2x} = \frac{\cos \rho x}{4\rho^2 c^2}\left[(3 - K)\, u^2 - 3\,(1\text{-}K)\, u^2{}_\rho\right] - \frac{(K + 1)\, u_x u_\rho}{2\, c^2 \rho^2},$$

Mais on pourrait supposer aussi que la rotation des électrons mobiles dans un courant engendre seule un champ magnétique. On s'en rend compte si l'on songe que l'action du champ magnétique n'ayant été observée que lorsque celui-ci est dû à des courants fermés, il existe dans tous ces cas un potentiel magnétique égal à l'angle solide sous lequel est vu le courant c' (pour ne considérer que le cas de courants linéaires). Or, la surface d'une figure polygonale tracée sur une sphère s'exprime par la somme des angles que forment, chacun avec le suivant, les côtés du polygone ; pour une courbure continue, ces angles deviennent les angles de contingence de la courbe sphérique, et ceux-ci s'expriment au moyen du rayon de courbure de C et de sa direction par rapport au rayon vecteur. Les hypothèses moléculaires permettent d'exprimer cette courbure soit par l'accélération de l'électron, soit, pour un électron dissymétrique, par sa rotation. On obtient ainsi une décomposition entièrement nouvelle de l'action du courant fermé en actions élémentaires, qu'on considérera comme valable pour tout élément de courant fermé ou non, et qui, par intégration le long du courant, fournira dans tous les cas de potentiel magnétique. Le champ magnétique créé par un élément de courant étant ainsi déterminé, la force exercée sur une charge e en mouvement sera, comme dans la théorie de Lorentz, $\frac{e}{c}\left(v_y H_z - v_z H_y\right)$....., où v désigne la vitesse *relative* par rapport à l'élément.

En somme, sur ces termes dépendant des vitesses, nous ne sommes pas mieux renseignés qu'au temps de Weber et de Helmholtz.

Il en est autrement du terme

$$\varphi_x = -\frac{ee'}{2\rho c^2}[w'_x + w_\rho{}' \cos \rho x], \ \varphi_y = \ldots$$

dépendant des accélérations. On peut dire que tout l'effort de l'expérience, tout ce que nous savons des oscillations électriques, des équations de la lumière, de l'induction en circuit ouvert ou fermé, a porté *uniquement* sur ce terme. Il se décompose en deux autres :

1° en $ee'\left[\frac{-w_x' + w_\rho' \cos \rho x}{c^2 \rho}\right] = \Psi_x \ldots$ qui n'est autre chose, à des termes en $\frac{1}{c^3}$ près que le terme

$$\frac{-w_x' + w_r' \cos rx}{c^2 r\left(1 - \frac{v_r'}{c}\right)^2}$$

de XV, et joue le rôle du vecteur de Fresnel en optique. C'est de lui que dépendent tous les phénomènes présentés par les oscillations hertziennes à grande distance de la source. Ce terme ne joue par contre aucun rôle dans l'induction en circuit fermé, car il peut s'écrire

$\frac{-d}{dx}\frac{w_\rho'}{c^2}, \frac{-d}{dy}\frac{w_\rho'}{c^2}, \frac{-d}{dz}\frac{w_\rho'}{c^2}$; l'expression

$$\Psi_x\, dx + \Psi_y\, dy + \Psi_z\, dz$$

de la force électromotrice devient dès lors une différentielle totale et s'annule pour tout circuit fermé.

2° en $\frac{ee'}{2c^2\rho}\left[w_x' - 3w_\rho' \cos \rho x\right] = \chi_x$, qui provient entièrement du développement en série, et par conséquent de la vitesse *finie de propagation*, et qui détermine les phénomènes d'induction en circuit fermé et les forces électriques dans le voisinage immédiat d'un

oscillateur hertzien (avec le terme électrostatique $\frac{ee' \cos \rho x}{\rho^2}$, dont la forme ne fait l'objet d'aucun doute).

Mais il importe de remarquer *qu'une loi de propagation où le centre de l'onde émise par un ion à un instant τ reste constamment animé d'un mouvement rectiligne et uniforme, de vitesse égale à celle de l'ion à l'instant τ, donne aussi, par le développement du terme électrostatique, le terme χ_x, et ce résultat peut même être généralisé.* On ne peut donc conclure que ce centre reste en repos, comme le veut la théorie de l'éther immobile.

La réaction d'un système électrisé sur lui-même, lorsqu'il y a accélération, c'est-à-dire l'expression de la *masse électromagnétique* pour des vitesses faibles, dépend exclusivement de φ_x; l'existence d'une telle réaction ne saurait donc être douteuse ; elle est absolument indépendante de toute incertitude relative au mouvement absolu, aux termes électrodynamiques et à la loi de propagation.

Revenons maintenant à la formule générale XIV et XV ; *on peut, dans cette dernière, tracer tous les v'* sans qu'aucun fait d'expérience, soit dans le domaine de l'optique, soit dans celui de l'électrodynamique, n'en soit modifié de façon sensible : seul, $\frac{-v_x'}{cr^2}$ doit être conservé. Ce terme de premier ordre par rapport aux vitesses ne joue d'ailleurs aucun rôle en optique et dans les oscillations hertziennes; et il ne reste dans la formule XVII aucnn terme de ce genre. Une autre loi de propagation, n'entraînant pas la considération d'un système absolu de coordonnées, le rendrait inutile.

Quant au terme de XIV linéaire en v (force électromagnétique proprement dite), il contient $\frac{1}{c^2}$ en facteur et ne joue de rôle que dans les phénomènes quasi-stationnaires ; nous avons vu combien sa forme reste incertaine.

Les derniers énoncés comportent deux restrictions, relatives à des termes d'ordre supérieur au second. La pression de la lumière correspond à un tel terme, dépendant du produit des accélérations et des vitesses. Mais sa forme reste bien incertaine. En second lieu, les expériences de M. Kaufmann sur les rayons β du radium mettent en évidence dans XIV l'ensemble des termes. Malheureusement, il n'y a aucune conclusion à tirer de là ; car on peut ajouter, soit à la formule de Weber, soit à celle de Clausius ou de Riemann, soit enfin à f_{2x}, une suite infinie de termes dépendant des puissances supérieures à la seconde et paires des vitesses, divisées par les puissances correspondantes de c : ces termes ne joueront de rôle que lorsque les vitesses sont comparables à c, c'est-à-dire dans l'expérience de Kaufmann. Chacune de ces théories pourra, par un choix convenable de ces séries, satisfaire aux observations, ce qui montre (voir *loc. cit.*, pp. 189-197, 260-270) que si l'existence d'une réaction d'inertie électromagnétique est, comme on l'a vu, hors de doute, la variabilité de cette réaction avec la vitesse, par contre, est hypothétique ; elle ne saurait être déduite des expériences de M. Kaufmann que lorsqu'on adopte *a priori* les hypothèses de Lorentz sur le mouvement absolu et sur les forces f_x. Cette théorie de la *variabilité de la masse électrodynamique s'appuie donc sur les*

points les plus faibles de la théorie de Lorentz. On explique tout aussi bien, et même mieux, les observations faites en changeant convenablement dans l'expression de la force, les termes dépendant des vitesses, de manière à n'introduire que des mouvements relatifs.

Il est à peine utile d'ajouter que le peu que nous connaissons des forces moléculaires ne nous permet pas d'affirmer que les lois connues de l'électricité sont valables à toute distance, si petite soit-elle. En réalité, c'est toujours à la loi des charges ponctuelles que nous aurons affaire, et l'on ne connaît aucune expérience où les conditions restrictives qu'elle comporte ne soient pas remplies.

Nous avons enfin à nous demander ce que l'expérience nous apprend sur la loi de propagation, ou, en d'autres termes, sur l'équation qui lie l'instant d'émission t' à l'instant t où l'action a lieu. Dans la théorie de Lorentz, l'onde émise par un électron en mouvement uniforme à l'instant t' reste à tout instant postérieur de forme sphérique, le centre de la sphère étant le point de l'éther où l'onde a été émise, et ne participant pas au mouvement de l'électron. Cette hypothèse introduit donc le mouvement absolu, et si l'on admet que les expériences futures ne mettront pas plus ce mouvement en évidence qu'elles ne l'ont fait jusqu'ici, il faudra la rejeter et considérer le mouvement de propagation de la lumière comme purement relatif et dépendant du mouvement des corps qui ont produit la lumière — à moins de renoncer, avec Lorentz et Einstein, à la cinématique et à la notion de temps. Le principe de la *relativité du mouvement*, dans sa forme *classique*, exigera que les ondes émises par un système

en mouvement uniforme, soustrait à toute influence extérieure sensible, se meuvent avec ce système, de manière que le centre de chaque onde sphérique continue à coïncider avec l'électron qui l'a émise, et que la vitesse radiale soit universelle et égale à c. Si le mouvement de l'électron est quelconque, le principe de relativité ne détermine plus la vitesse avec laquelle se déplace le centre de l'onde ; toutefois, cette vitesse doit être constante (sinon il y aurait action à distance entre l'électron et l'onde émise). Il ne sera plus possible, il est vrai, de conserver l'image « éther » ou « ondes dans un corps élastique » pour cette loi de propagation ; mais, si même nous voulions la conserver, et avec elles les équations aux dérivées partielles, il serait nécessaire d'ajouter l'hypothèse nouvelle de la transformation Lorentz-Einstein qui, à vrai dire, change si profondément les conditions du problème, que l'image « éther » ou « corps élastique » devient entièrement inapplicable. Bien plus, la propagation de la lumière, dans les vues de MM. Lorentz et Einstein, ne comporte plus d'image mécanique du tout. Au contraire, la loi de propagation que nous avons énoncée plus haut correspond simplement à l'image de particules émises dans tous les sens avec une même vitesse radiale, et qui continuent à se mouvoir uniformément : elle se rapproche donc, sous ce rapport, de la théorie émanative de Newton. J'ai montré (*loc. cit.*, 2me partie) qu'en supposant cette loie vraie quel que soit le mouvement de l'électron et admettant que ces particules fictives agissent sur les charges électriques avec lesquelles elles entrent en contact, on n'a aucune peine à construire une infinité de théories électrodynamiques

en parfait accord avec l'expérience, sauf en ce qui concerne l'optique des corps en mouvement. Ici l'expérience, interprétée dans la conception atomique de l'électricité que nous avons adoptée jusqu'ici, énonce ce résultat unique et simple[1] : lorsqu'un rayon lumineux met en vibration les ions d'un corps quelconque qui, à leur tour, émettent de nouvelles ondes, les centres de ces ondes se meuvent, non avec la vitesse de ce corps (comme le voulait notre hypothèse), mais avec la vitesse de la source de lumière. Or, c'est ce que le principe de l'action et de la réaction permettait de prévoir. En effet, ce principe se trouve lésé par notre hypothèse, puisqu'à l'action de nos particules fictives (pour nous servir de cette image) sur les ions, ne correspondait aucune réaction des ions sur les particules. Il faudra, comme dans la théorie de Lorentz, attribuer à l'énergie rayonnante une *quantité* de mouvement, ce qui est bien plus naturel lorsqu'on considère cette énergie comme *projetée* que lorsqu'on la considère comme propagée ; et les vitesses initiales des particules fictives émises par un ion se détermineront par le principe de *la conservation de la quantité de mouvement*, ou principe de réaction. Dans le cas de l'optique, toute l'énergie rayonnante provient de la source, et les écrans ou appareils optiques ne fournissent aucun apport ; il est donc naturel de penser que le principe de réaction, quel que soit son énoncé précis, aura pour effet que la vitesse des particules fictives émises par les ions des

[1] On vérifie facilement ce théorème en suivant de près les démonstrations de M. Lorentz (*Versuch einer Theorie der elektr. u. opt. Vorgänge in bewegten Körpern*, Leiden 1895).

écrans, etc., sera uniquement déterminée par celle de la source de lumière.

Evidemment, tant qu'une théorie générale et simple basée sur ces vues nouvelles fera défaut, il y aura lieu d'étudier la question sous toutes ses faces, et en particulier de ne pas se laisser arrêter par la nécessité d'une cinématique et d'une dynamique entièrement nouvelles, comme le veut l'hypothèse Lorentz-Einstein[1]. Mais il importe de savoir que *rien*, jusqu'ici, ne nous oblige à considérer cette dernière hypothèse comme vraie, ni même comme particulièrement probable. Et je crois qu'il serait regrettable pour la physique qu'il ne se trouvât pas, pour représenter les lois électriques et électrodynamiques, de méthode plus simple que celle qui consiste à admettre d'abord des coordonnées absolues, à écrire un système de 11 équations, dont 9 aux dérivées partielles; à les intégrer moyennant des hypothèses qu'il faut rejeter ensuite, pour ne pas introduire de solutions impossibles ou exclure des solutions possibles; et à compliquer enfin la formule déjà bien longue, ainsi obtenue, par une transformation destructrice des principes de la cinématique, et dont l'unique but est de faire disparaître du résultat le système absolu de coordonnées si malencontreusement introduit au commencement. Encore ne sont-ce

[1] Il faut d'ailleurs noter que la théorie Lorentz Einstein n'est également, en partie, qu'à l'état de programme : le principe de d'Alembert, et plus généralement la dynamique classique des systèmes, sont incompatibles avec cette théorie, comme l'a remarqué M. Einstein, et rien n'est encore venu remplacer ces principes fondamentaux. Ils subsistent sans changement, au contraire, dans l'hypothèse de l'auteur.

pas là les seuls motifs pour lesquels la théorie ne me paraît pas satisfaisante. L'égalité du rapport des unités à la vitesse c de la lumière trouve, dit-on, son explication dans les théories de Maxwell et de Lorentz. Les complications de la première rendent difficile une vue nette de la manière dont la théorie atteint ce résultat. Mais considérons les équations de Lorentz. La vitesse c y figure de diverses manières, et il n'est pas difficile de voir qu'en conservant c dans les équations aux dérivées partielles, mais changeant dans l'expression VI de la force $\frac{1}{c}$ en $\frac{1}{c'}$, où c' est différent de c, on n'a modifié ni la vitesse de propagation, ni les unités, ni l'énergie[1], mais bien le rapport de l'unité électrostatique à l'unité électrodynamique ; et la théorie ainsi exposée ne contient rien qui nous fasse comprendre pourquoi ce coefficient de $v_y H_z - v_z H_y$ est précisément égal à $\frac{1}{c}$. On le choisit ainsi, parce que l'expérience l'exige — exactement comme c'était le cas pour la formule de Weber, de Clausius, etc. Ce n'est que lorsqu'on exige que le principe de Hamilton s'applique, sous une certaine forme spéciale, que l'on trouve *a priori* ce coefficient $\frac{1}{c}$. Seulement le principe, tel qu'il est utilisé par Lorentz, est nettement différent du principe dans le

[1] Le terme en $\frac{1}{c'}$, en effet, donnera un travail constamment nul. Il faut d'ailleurs se rappeler que H, comme il a été dit, est défini par la théorie elle-même ; si on le définissait *a priori* comme force (exprimée en gauss) s'exerçant sur le pôle d'un aimant permanent, le coefficient de ρv deviendrait à son tour un coefficient empirique et les conclusions resteraient les mêmes.

sens ordinaire, les variations sont prises tout autrement que pour les fluides, par exemple, et, de plus, comme l'a montré M. Schwarzschild, il existe différents modes d'application de ce principe. L'un d'eux détermine directement les forces élémentaires, sans passer par la considération du champ ; nous lui donnerions la préférence au point de vue qui a été exposé dans cette étude ; la fonction de Lagrange a la même forme (à la propagation près) que celle dont était parti Clausius,

$$\int\int \frac{dEdE'}{r}\left[1 - \frac{v_x v'_x + v_y v'_y + v_z v'_z}{c^2}\right]$$

où dE, dE' sont des éléments de charge, et où v, v' doivent être pris à des instants convenables.

Changeons $\frac{1}{c^2}$ en $\frac{1}{c'^2}$, la formule ne satisfera plus aux expériences, le rapport des unités cessera d'être c, mais le principe de la moindre action continuera à s'appliquer et la vitesse de propagation restera égale à c ; ce sont les équations aux dérivées partielles qui, cette fois, ne sont plus satisfaites.

En résumé, on voit que cette remarquable relation ne résulte de la théorie de Lorentz que d'une façon si indirecte, qu'elle se réduit à une détermination de coefficients, comme chez Weber, Clausius, lorsqu'on n'ajoute pas la condition relative au principe de la moindre action : dans les ouvrages didactiques, par exemple le traité de M. Abraham, et même dans l'exposé que donne M. Lorentz de sa théorie dans le mémoire cité plus haut, cette condition n'est pas mentionnée et semble considérée comme absolument secondaire.

Gauss, dans sa célèbre lettre à W. Weber, avait indiqué que, sans doute, les termes électrodynamiques résultaient uniquement de la vitesse finie de propagation, conçue suivant une loi convenablement choisie, par des développements en série tels que nous les avons considérés plus haut et qui, on l'a vu, introduisent effectivement des vitesses et des accélérations avec des coefficients dépendant de c. La relation entre le rapport des unités et la vitesse de la lumière aurait alors eu une signification immédiate. Chez Maxwell, les termes électrodynamiques, dépendant du potentiel vecteur, s'introduisent tout autrement : la profonde conception de Gauss (il importe de le constater, car le contraire a souvent été soutenu), n'a pas été réalisée par Maxwell et Lorentz. C'est à elle, peut-être, qu'appartient l'avenir en électrodynamique.

Göttingen, juillet 1908.

LES

GAZ INERTES DE L'ATMOSPHÈRE

ET LEUR DÉRIVATION

DE L'ÉMANATION DES CORPS RADIOACTIFS

PAR

Sir WILLIAM RAMSAY[1]

« Il en est des hypothèses, dans le domaine scientifique, comme des rumeurs en politique : quelque raison les rend presque toujours vraisemblables, mais cependant on aurait grand tort d'y ajouter foi, sans qu'une confirmation ultérieure vienne en vérifier l'exactitude. » Ainsi s'exprimait Berzélius, au commencement du XIX[e] siècle.

L'esprit humain ne se contente pas cependant d'enregistrer des faits ; il cherche à en pénétrer les causes. Les Grecs, les Arabes, ainsi que nos maîtres du moyen âge, avaient une conception fausse lorsqu'ils croyaient pouvoir obtenir la vérité sans avoir à recourir à l'expérience, c'est-à-dire en faisant uniquement usage de la spéculation et de l'observation.

[1] Discours prononcé à l'occasion de la réunion de l'Association française à Clermont-Ferrand et dont M. Ramsay avait bien voulu mettre d'avance le manuscrit à notre disposition.

Qu'il me soit permis de vous citer à ce sujet les idées de quelques anciens auteurs relatives aux phénomènes de la nature. Commençons, par exemple, par Du Clos, médecin à la cour du roi Louis XIV, qui, parlant de la solidification, s'exprimait ainsi : « La raison de la concrétion des liquides est évidemment la sécheresse ; cette qualité, en effet, s'opposant à l'humidité qui rend les corps liquides, peut produire un effet contraire à celui causé par cette dernière, c'est-à-dire la concrétion des liquides. » Avouons, après cette citation, que Du Clos ne nous a pas appris grand'chose.

Le roi d'Angleterre, Charles II, fondateur de la Société royale, s'intéressait à la science. Ecoutons ce que son *Apothicaire ordinaire*, M. N. Lefèbure, lui écrivait à propos de *la doctrine de l'Escole concernant la composition des corps :* Si vous demandez au dernier de quoy un corps est composé, il vous répondra que cela n'est pas encore déterminé dans l'Escole ; que s'il est corps, il y a de la qualité, et que, par conséquent, il doit estre divisible ; qu'il faut donc que le corps soit composé de choses divisibles ou indivisibles, c'est-à-dire de points ou de parties ; or il ne peut estre composé de points, puisque le point est indivisible, qu'il n'a aucune quantité, et que, par conséquent, il ne peut communiquer la quantité au corps, puisqu'il ne l'a pas luy-mesme, ce qui devroit conclurre qu'il devroit estre composé de parties divisibles ; mais on lui objectera que si cela est ainsi, qu'il nous die sçavoir si la plus petite partie de ce corps est divisible ou non ? Si elle est divisible, que ce n'est pas encore la plus petite partie, puisqu'elle peut estre divisée en d'autres plus petites ; et si cette plus petite partie est indivisible, ce sera

toujours la mesme difficulté, à cause qu'elle sera sans quantité, qu'elle ne pourra communiquer au corps, ne l'ayant pas elle mesme, veu que la divisibilité est la propriété essentielle de la quantité. *La chimie*, continue-t-il, rejette des arguments de cette nature, pour s'attacher aux choses qui sont visibles et palpables. » On pourrait résumer l'argumentation dans les mots juridiques : *De minimis non curat lex.*

Encore une citation, cette fois d'un ouvrage de Jean Rey, docteur en médecine, publié l'an 1630. On discute le vide. « Il est tout certain que dans les barres de la nature, le vuide, qui est rien, ne sçaurait trouver lieu. Il n'est point de puissance en icelle, qui de rien aye peu faire l'univers : il n'en est point aussi qui le puisse réduire à rien. Or l'affaire iroit autrement s'il se pouvoit trouver du vuide. Car pouvant estre ici, il pourroit estre là ; pourrant estre ici et là, et pourquoi non ailleurs, et pourquoi non partout? Ainsi pourroit l'univers s'en aller à néant de par ses propres forces ; mais à celui seul qui l'a peu faire, est deuë la gloire de le pouvoir anéantir. »

Grâce aux travaux des savants de tous pays, cette manière d'envisager les problèmes de la nature n'existe plus. Lorsque l'un de ces problèmes se pose maintenant à l'esprit, l'on essaye aussitôt de questionner la nature ; ce sera ma tâche, aujourd'hui, de vous parler des conceptions qui m'ont amené à soumettre certaines idées au contrôle de l'expérience, et de vous indiquer les principaux résultats que celle-ci m'a fournis.

I. — Tout d'abord, je vous rappellerai brièvement l'histoire de la découverte des gaz inertes de l'atmosphère. Cavendish, en 1785, en faisant jaillir l'étincelle

électrique, pendant une quinzaine de jours, dans l'air atmosphérique mélangé d'oxygène, en présence de potasse caustique, obtint, après l'absorption de l'excès d'oxygène, un petit résidu d'environ un cent-vingtième de l'air traité ; cependant il n'attacha pas d'importance à cette observation et arriva à la conclusion que l'azote devait être regardé comme un corps homogène. Pendant un siècle cette manière de voir ne fut l'objet d'aucune discussion ; elle était partout acceptée.

Nous arrivons ainsi en 1882, époque à laquelle lord Rayleigh s'occupa de comparer les densités respectives de l'hydrogène et de l'oxygène, afin de déterminer la composition exacte de l'eau. Onze ans plus tard, en 1893, il publia un mémoire sur les densités de l'azote. Il faut dire *les densités*, car il trouva que la densité de l'azote préparé par décomposition de l'ammoniaque était d'un deux-centième plus élevée que celle de l'azote de l'air. Or, nous connaissons l'oxygène sous deux formes : l'oxygène ordinaire, qui pèse environ seize fois plus que l'hydrogène, et l'ozone, dont la densité est de 24, c'est-à-dire de moitié plus lourd. Il est presque impossible d'obtenir l'ozone à l'état pur, à cause de sa décomposition facile en oxygène ; on manipule généralement des mélanges d'oxygène et d'ozone, de telle sorte que la densité du mélange est un peu supérieure à 16. Lord Rayleigh pensait que l'on devait attribuer cette densité élevée de l'azote atmosphérique à la présence d'une sorte d'ozone azotique, c'est-à-dire à des molécules ordinaires biatomiques. On pouvait encore supposer que les molécules biatomiques de l'azote ordinaire se scindant en molécules monoatomiques, c'est-à-dire en atomes, la densité du gaz subissait de

la sorte une diminution ; l'azote de l'ammoniaque aurait ainsi contenu des molécules monoatomiques.

Une troisième hypothèse pour expliquer cette densité élevée de l'azote atmosphérique était de supposer la présence d'un gaz plus lourd que l'azote. C'était là mon opinion. Dans mes entretiens avec lord Rayleigh, je lui demandai et il m'autorisa à faire des expériences qui devaient résoudre la question.

Pour combiner l'azote, il y avait choix entre deux méthodes : on pouvait, soit répéter les expériences de Cavendish en faisant jaillir l'étincelle électrique entre deux électrodes de platine dans l'air mélangé d'un excès d'oxygène, en présence de soude caustique, ou bien encore l'on pouvait enlever l'azote de l'atmosphère au moyen de magnésium métallique. Après avoir essayé les deux méthodes, la seconde me parut devoir conduire plus rapidement au but désiré ; après quelques jours, nous avons réussi, mon ancien élève Percy Williams et moi, à éliminer l'azote au point que la densité du résidu passa de 14 à 15. Après dix jours de traitement continu avec le magnésium au rouge, la densité du résidu monta à 19 ; ce résidu, mélangé avec de l'oxygène et soumis à l'étincelle électrique, d'après la méthode de Priestley et Cavendish, nous donna un gaz d'une densité de 20.

Dans l'entre-temps, lord Rayleigh, à la suite d'expériences faites pour vérifier ses premières hypothèses, changea sa manière de voir et réussit également, en suivant la méthode de Cavendish seule, à obtenir un résidu dont le spectre lui était inconnu. Il montra en même temps que la quantité du résidu était proportionnelle à la quantité d'air soumise au traitement.

Le 13 août 1894, Lord Rayleigh et moi nous fîmes une communication à l'Association britannique, à Oxford, *Sur un nouveau gaz de l'atmosphère ;* à cette époque, il n'était pas démontré que ce gaz était un corps simple; mais immédiatement après les vacances, je tranchai la question par des expériences relatives aux deux chaleurs spécifiques du nouveau gaz, à pression constante et à volume constant. Je montrai, en effet, que ce gaz était monoatomique, et par conséquent était un élément. A cause de son inactivité chimique, nous l'avons nommé l'*Argon ;* il ne se combine en effet à aucun élément. Le fluor même, sous l'action de l'étincelle électrique, est sans action sur lui, comme l'a montré M. Moissan, notre regretté collègue.

En cherchant quelque indice pouvant laisser supposer une combinaison, j'ai été amené à examiner les gaz qui s'échappent, selon M. Hillebrand, chimiste au Bureau géologique des Etats-Unis, des minerais uranifères. M. Hillebrand a publié que ce gaz n'était que de l'azote ; il n'a pas cependant raconté que son spectre renfermait des lignes inconnues et qu'il aurait émis l'opinion qu'il s'agissait là d'un nouvel élément, si ses collègues ne l'avaient pas plaisanté. Ceci nous montre combien il est dangereux de faire attention aux opinions de la foule ; le public a ordinairement tort.

En répétant les expériences de M. Hillebrand, mon élève, M. Matthews, et moi, nous avons fait agir sur le clévéite, minéral uranifère, de l'acide sulfurique bouillant ; il s'échappa un gaz qui, après avoir été débarrassé des gaz ordinaires selon la méthode de Cavendish, possédait un nouveau spectre, et dont la densité était de 2. On remarqua sur-le-champ une ligne jaune brillante, observée jusqu'ici seulement dans

le spectre de la chromosphère du soleil par M. Janssen et attribuée par MM. Frankland et Lockyer à la présence d'un nouvel élément, qu'ils ont nommé l'*hélium*, mot dérivé de ἥλιος, le soleil. Pendant l'été de 1895, nous avons étudié ce nouveau gaz, dont nous avons déterminé les constantes; comme l'argon, il est inactif et monoatomique.

Tout chimiste sait que la densité des gaz doit être ramenée au poids de 11,2 litres d'hydrogène, gaz diatomique, et qu'ainsi pour obtenir le poids moléculaire il est nécessaire de doubler les chiffres que l'on obtient pour la densité. Il y avait donc lieu de prendre 4 pour poids atomique de l'hélium, et 40 pour celui de l'argon, les poids atomiques des gaz monoatomiques devant coïncider avec leurs poids moléculaires.

L'hypothèse de la classification périodique des éléments, d'abord pressentie par le français de Chancourtois, exposée par l'anglais Newlands et développée ensuite par le russe Mendeléeff et l'allemand Lothar Meyer, montre que les corps simples se divisent en groupes, dont chacun contient des éléments semblables. Si donc l'on range les éléments selon la grandeur de leurs poids atomiques, on obtient des séries telles que celle-ci :

	Az	P	As	Sb	?	Bi
	14	31	75	120	?	208
	O	S	Se	Te	?	?
	16	32	79	128	?	?
	F	Cl	Br	I	?	?
	19	35,5	80	127	?	?
He	?	Ar	?	?	?	?
4	?	40	?	?	?	?
Li	Na	K	Rb	Cs	?	?
7	23	39	85	133	?	?
Be	Mg	Ca	Sr	Ba	?	Ra
9	24,5	40	88	137	?	226

On remarque, en outre, que soit dans leurs propriétés, soit dans les formules de leurs combinaisons, les éléments de chaque groupe manifestent une correspondance ; par exemple, les membres de la série alcaline sont tous des métaux mous, qui attaquent l'eau avec violence, qui forment des chlorures de la formule générale MCl, etc. ; les éléments halogénés possèdent tous une odeur similaire ; ils sont tous colorés et forment des sels de la formule MXO^3, etc. Par analogie, l'on pourrait préjuger entre l'hélium et l'argon un élément d'un poids atomique de 20, inactif comme ces deux gaz ; l'élément nouveau devait avoir un spectre caractéristique et être moins facilement condensable que l'argon. On aurait pu aussi prédire l'existence de deux éléments gazeux analogues, ayant des poids atomiques de 82 et de 129.

Mon ancien assistant, M. Morris Travers, et moi, nous avons cherché ces éléments pendant deux ans, de 1896 à 1898. Nous avons examiné des minéraux, des eaux thermales, des météorites, mais nous n'en avons trouvé aucune trace. Les minerais uranifères contiennent tous de l'hélium ; parmi eux, le malacone nous a donné une trace d'argon, mais les spectres de ces gaz n'ont montré aucune nouvelle ligne. Au commencement de 1898, nous nous sommes résolus d'examiner une assez grand quantité d'argon dans le but de voir si les éléments cherchés existent dans l'atmosphère.

Mais comment procéder à cet examen ? Par un heureux hasard, à ce moment un de mes amis, M. Hampson, venait de perfectionner un appareil permettant de liquéfier l'air atmosphérique en grande quantité, en utilisant l'abaissement de température causé par sa

détente. A cette époque, l'idée était assez nouvelle, et comme il arrive souvent dans la science et l'industrie, cette idée frappa simultanément M. Linde. Tous deux, MM. Hampson et Linde ont en effet breveté leurs appareils dans le courant du même mois.

Tout le monde sait que ce sont le français Cailletet et le suisse Pictet qui ont effectué la liquéfaction de l'oxygène presque à la même date, en 1877, bien que s'étant servis de méthodes tout à fait différentes. Tandis que l'un employait pour la liquéfaction le refroidissement progressif, c'est-à-dire l'abaissement de température d'abord par l'acide sulfureux, ensuite par l'acide carbonique à — 140 degrés, suivi d'une détente finale ; l'autre en refroidissant le gaz comprimé à — 29 degrés, a réussi à voir une espèce de brouillard d'oxygène liquéfié par la détente du gaz comprimé à une haute pression.

MM. Olszewski, Kammerlingh Onnes et Dewar se sont servis du procédé du refroidissement progressif pour obtenir l'oxygène liquide à l'état statique ; personne n'a essayé d'utiliser le principe de la détente avec travail extérieur jusqu'à ces dernières années ; Hampson et Linde se sont servis d'un principe découvert en 1855 par Joule et Thomson (lord Kelvin) ; c'est-à-dire qu'un gaz comprimé se comporte à certains égards comme un liquide, et qu'en se dilatant il absorbe la chaleur, correspondant à la chaleur de vaporisation d'un liquide. Rien n'était nécessaire que d'ajouter à cette idée la récupération méthodique du froid ainsi produit, idée déjà suggérée par Siemens, par Solvay et d'autres. En laissant sortir les gaz fortement comprimés, les tubes se refroidissaient progressi-

vement, de telle sorte qu'après quelques heures dans l'appareil de Linde, quelques minutes dans l'appareil de Hampson, leur température s'abaissait jusqu'à la température de liquéfaction.

M. Hampson a eu l'obligeance de mettre à notre disposition un de ses premiers échantillons d'air liquide — environ 100 centimètres cubes. — Après avoir démontré ses particularités aux étudiants dans mon laboratoire, il en restait encore quelques centimètres cubes. J'ai eu alors l'idée d'examiner son spectre après l'avoir débarrassé des gaz actifs ; on l'a laissé se vaporiser dans un gazomètre, et par les agents indiqués on en a enlevé l'oxygène et l'azote. Le résidu a montré le spectre de l'argon, mais en même temps nous avons observé deux lignes brillantes, l'une dans le jaune et l'autre dans le vert du spectre. Le soir même, nous avons déterminé la densité du gaz : elle dépassa de 2 unités celle de l'argon ; elle était donc de 22. Nous avons appelé ce gaz *crypton*, c'est-à-dire caché.

Après cet encouragement, nous avons peu de temps après, M. Travers et moi, refroidi dans une petite ampoule, au moyen d'air liquide, environ quinze litres d'argon, dont la préparation avait demandé plusieurs mois. Il se forme ainsi un liquide limpide et mobile, se congelant quelques degrés au-dessous de son point d'ébullition sous la pression atmosphérique. Cette ampoule communiquait avec un réservoir à mercure permettant de recueillir les premières portions du gaz supposé, qui devait bouillir à une température plus basse que l'argon. Sa présence était bien probable, car entre l'hélium, du poids atomique 4, et l'argon, du poids atomique 40, il devait se trouver un nouveau gaz, comme je l'ai déjà mentionné.

On peut se figurer notre joie lorsque nous avons observé la couleur que je vous montre. Le spectre se compose de nombreuses lignes rouges, oranges et jaunes qui produisent cette merveilleuse couleur de flamme. La densité de ce gaz était de 10, ou plutôt de 9, car il n'était pas encore pur. Nous l'avons nommé le *néon*, de νέον, mot grec signifiant nouveau. Il a été purifié en le congelant dans une machine analogue à celle de M. Hampson, construite par M. Travers, aidé de mon mécanicien, M. Holding ; cette machine nous a permis de préparer quelques centaines de centimètres cubes d'hydrogène liquide. Après avoir refroidi le mélange des deux gaz à — 253 degrés, nous avons enlevé l'hélium à la pompe, tandis que le néon est resté à l'état solide, complètement pur. Sa densité était alors celle à laquelle nous nous attendions, c'est-à-dire 10, et, par conséquent, son poids atomique 20.

Notre travail n'était guère que commencé. D'avril 1898 à août 1900, nous n'avons pas cessé de déterminer les propriétés de ces gaz. Nous en avons même découvert un cinquième. Pour débarrasser le crypton de l'argon, il était nécessaire de le soumettre à un fractionnement méthodique ; nous avions remarqué qu'après l'évaporation du crypton, il restait toujours quelques bulles d'un gaz qu'on pouvait enlever à la pompe aussitôt que l'air liquide était éloigné ; ce gaz possédait un spectre caractéristique, et nous l'avons désigné par le nom de *xénon*, ce qui signifie l'étranger.

Voici un tableau résumant les propriétés de ces gaz inertes :

Propriétés des gaz inertes.

	Hélium	Néon	Argon	Crypton	Xénon
Densité du gaz.....	1.98	9.96	19.96	40.78	64.0
Poids atomique..	3.96	19.92	39.92	81.56	130.0
Densité du liquide..	0.3(?)	1.0(?)	1.812	2.155	3.52
Point d'ébullition.	?	?	—186.1°	—151.7°	—109.1°
Point de fusion.....	?	?	—187.9°	—169.0°	—140.0°
Température critique.....	?	?	—117.4°	— 62.5°	+ 14.75
Pression critique.	?	?	40.2m	41.24m	43.5m
Indice de réfraction (air = 1).	0.124	0.235	0.968	1.450	2.868

II. — Avec la découverte du radium par Mme Curie commence une nouvelle ère pour la physique et la chimie. Le radium était, en effet, le premier exemple d'un élément instable, perdant sans cesse de l'énergie, sa température étant toujours supérieure à celle des objets environnants. Il émet des rayons qui déchargnt un électroscope et que l'on a appelé rayons α, β et γ. Les rayons α ne peuvent pas pénétrer la matière; ils se comportent comme un gaz, tandis que les rayons γ et β traversent la matière en couches minces. M. Schmidt et en même temps Mme Curie ont reconnu que les mêmes caractères radioactifs appartiennent au thorium, quoique à un degré moindre, et M. Debierne a découvert qu'un produit de la pechblende, autre que le radium et qu'il a appelé l'*actinium*, manifeste aussi le pouvoir de décharger l'électricité.

Notre tâche dans ce domaine a été d'étudier les gaz qui s'échappent continuellement de ces corps ; M. Rutherford qui, le premier, a reconnu leur nature gazeuse, les a appelés *émanations*. En collaboration avec M. Soddy, il a réussi à les condenser, en les refroidissant au moyen de l'air liquide ; et ces deux savants ont montré qu'ils se rapprochent des gaz de la série de l'argon, par leur résistance à se combiner avec les agents chimiques.

La courte durée de la vie des émanations du thorium (quelques minutes) et de l'actinium (quelques secondes), rend leur recherche difficile ; au contraire, l'émanation du radium se prête mieux à l'expérience, car la moitié de sa vie atteint la durée considérable de 3,8 jours.

Parmi les propriétés de l'émanation du radium, on trouve celle de décomposer des combinaisons assez stables ; par exemple, l'acide carbonique anhydre est scindé en carbone et oxygène ; l'oxyde de carbone donne du carbone, de l'acide carbonique et de l'oxygène ; l'acide chlorhydrique sec est décomposé en chlore et en hydrogène ; l'ammoniaque en azote et en hydrogène ; en même temps, il se produit des actions contraires : l'azote et l'hydrogène se combinent en donnant de l'ammoniaque, avec formation d'un état d'équilibre.

L'importance de chaque décomposition dépend de la quantité d'émanation ; si donc la quantité totale de l'émanation diminue, par suite de sa désintégration, les effets diminuent dans la même proportion.

Les actions chimiques produites par l'émanation ne sont pourtant pas aussi remarquables que d'autres

transformations qui paraissent altérer les atomes eux-mêmes des corps. Depuis le commencement du XIXe siècle, on avait l'habitude d'envisager les atomes comme éternels et immuables. Mais cette conception n'était pas partagée par les grands maîtres de notre science. Laissez-moi vous citer ici ce que Humphry Davy écrivait en 1811 : — « Le devoir du chimiste doit consister dans la hardiesse à poursuivre la vérité. Il faut qu'il se rappelle combien la science est parfois contraire aux apparences. Un des grands buts de la vraie philosophie est de savoir s'il est possible de décomposer les métaux. » Et son illustre élève, Michel Faraday, écrivait quatre ans plus tard, en 1816 : « Décomposer les métaux, les réunir, et ainsi réaliser le rêve jadis absurde de la transmutation, tels sont les problèmes que le chimiste doit s'appliquer à résoudre. »

Il y a deux espèces d'actions chimiques : celles qui s'accomplissent avec dégagement de chaleur, et celles qui s'accompagnent d'absorption de chaleur. Pour décomposer l'eau, il faut chauffer sa vapeur à une température de plusieurs milliers de degrés ; par contre, les produits de sa décomposition, l'oxygène et l'hydrogène, se combinent avec dégagement d'une assez grande quantité de chaleur. La première réaction, la décomposition de l'eau, est une réaction endothermique, tandis que l'union de ses constituants entre eux est une réation exothermique. Or, la chaleur n'étant qu'une forme de l'énergie, nous possédons dans l'émanation du radium une source d'énergie plus puissante qu'aucune source connue. L'émanation se décompose spontanément et, par perte des rayons α, donne la radium A ; ce dernier se change à son tour en radium B,

en émettant les rayons α; le radium B donne le radium C, sans émettre de rayons ; le produit C se change lui-même en radium D avec émission de rayons α, β et γ, ainsi de suite jusqu'au produit G.

Après deux ou trois heures, les premières transformations sont terminées. Le radium D, au contraire, a une vie assez longue ; la moitié d'une quantité donnée n'est pas encore épuisée après une période d'environ quarante ans. Pendant tous ces changements, l'énergie s'échappe ; une partie de celle-ci se manifeste sous forme de chaleur ; mais il y a encore d'autres manifestations d'énergie qui peuvent produire des changements dans certains composés chimiques, tels que ceux que nous avons déjà indiqués.

M. et Mme Curie et M. Rutherford ont pu mesurer cette quantité d'énergie en déterminant la quantité de chaleur qui s'échappe de l'émanation : on peut d'ailleurs établir facilement qu'un centimètre cube d'émanation fournit autant d'énergie que l'explosion de trois mètres cubes de gaz tonnant.

M. Soddy et moi, en 1903, avons réussi à trouver l'hélium comme produit gazeux de l'émanation ; elle paraît en donner trois fois son volume. Il suffit de la laisser dans un petit tube Plücker, pour que l'on voie après quelques jours apparaître le spectre de l'hélium. Grâce à la bienveillance de l'Académie impériale d'Autriche, qui m'a prêté un demi-gramme du bromure de radium, je peux vous montrer le spectre de l'hélium *artificiel*.

Nous ne connaissons pas exactement la densité de l'émanation ; on a essayé de la mesurer en déterminant sa vitesse de diffusion par rapport à celle de

l'acide carbonique ; les chiffres obtenus varient entre eux, mais ils paraissaient être de l'ordre de 100. Or, la densité de l'hélium est de 2 ; et si un centimètre cube d'émanation se change en 3 centimètres cubes d'hélium, il s'en suit que 100 milligrammes doivent donner 6 milligrammes d'hélium. Il est donc rationnel de supposer que 94 parties de l'émanation dégagent assez d'énergie pour en dégrader 6 parties en hélium.

Quant à l'émanation du thorium, elle résiste, elle aussi, à l'action de tous les agents chimiques ; elle s'échappe cependant du thorium en si petite quantité et si lentement, que l'on ne peut pas mesurer la chaleur qu'elle doit dégager en se décomposant. Nous avons fait à quatre reprises des expériences pour examiner les gaz qui se produisent, en conservant pendant six mois dans le vide plus de 300 grammes d'azotate de thorium ; il n'a pas été possible de constater définitivement la présence de l'hélium. En tous cas, il est probable qu'il y a formation d'hélium, car les minerais thorifères en contiennent une quantité relativement considérable.

M. Debierne prétend avoir isolé l'hélium de l'émanation de l'actinium. Cette émanation se produit très rapidement et se prête mieux à une telle expérience que celle du thorium. Aucune tentative n'a réussi à déterminer la densité de l'émanation du thorium ou de l'actinium ; la durée de leur vie rend cette détermination presque impossible.

L'hélium n'est pas le seul produit de l'émanation du radium. Nous avons trouvé, en effet, que si l'on dissout l'émanation dans l'eau, on obtient de l'oxygène et de l'hydrogène, mélangés non seulement avec de

l'hélium, mais aussi avec du néon. Vu la très petite échelle sur laquelle s'effectuent nos expériences (car la quantité totale de l'émanation dont nous disposons ne dépasse jamais 1,5 mm^3), il n'a pas été possible de mesurer les quantités relatives d'hélium et de néon; nous croyons, cependant, en comparant l'éclat des lignes principales de leurs spectres, que le néon peut former environ un cinquième de la quantité totale du mélange des gaz inactifs. La difficulté que l'on rencontre à manipuler des volumes de gaz si minimes nous a empêché de constater avec certitude la formation de l'argon : la difficulté principale est d'éviter les rentrées d'air atmosphérique ; or, la présence d'un dixième de centimètre cube d'air correspond à un millimètre cube d'argon, facile à reconnaître au moyen de son spectre. Or, nous ne pouvons pas être sûr d'avoir écarté toute trace d'air. Nous sommes presque sûr, cependant, d'avoir vu les deux lignes jaune et verte caractéristiques du crypton, lorsque l'émanation se décompose en présence de l'eau.

Nous pouvons néanmoins dire avec certitude que l'émanation du radium se change en hélium ou en néon, selon les circonstances ; lorsqu'on la laisse se décomposer en présence d'un gaz quelconque ou sans aucun gaz étranger, c'est-à-dire si on la laisse sous la forme gazeuse, elle ne donne que de l'hélium ; si, au contraire, elle se décompose en présence de l'eau, il y a production de néon. En outre, il est presque certain que l'émanation du thorium se transforme en hélium et que l'émanation de l'actinium fournit également ce gaz.

Je n'insisterai pas ici sur les autres changements que

nous pouvons attribuer à l'énergie émise par l'émanation du radium, ce sujet sortant du cadre de ce discours ; qu'il me suffise de dire que le cuivre soumis à son influence se change en lithium, et que d'autres expériences, dont nous espérons rendre compte dans une autre occasion, sont en voie de réalisation.

III. — Revenons aux gaz inertes de l'atmosphère et considérons le tableau (p. 248), qui montre leur position dans le système périodique des éléments. Prenons les chiffres qui représentent les poids atomiques et, en soustrayant chaque poids de celui qui le suit, nous arriverons aux différences Δ qui sont assez régulières.

I	II	III	IV	V	VI	VII
	Az Δ	P Δ	As Δ	Sb Δ	?	Bi
	14(17)	31(46)	75(45)	120(44)	164(44)	208
	O	S	Se	Te	?	?
	16(16)	32(47)	79(49)	128(42	169(42)	212
	F	Cl	Br	I	?	?
	19(16.5)	35.5(41.5)	80(47)	127(44)	171(44)	215
He	Ne	Ar	Kr	Xe	?	?
4(16)	20(20)	40(42)	82(46)	130(44)	174(44)	218
Li	Na	K	Rb	Cs	?	?
7(16)	23(16)	39(46.5)	85.5(47.5)	133(44)	177(44)	221
Be	Mg	Ca	Sr	Ba	?	Ra
9(15.5)	24.5(15.5)	40(47.5)	87.5(50)	137.5(44.5)	182(44)	226

En considérant ce tableau, on voit que les éléments de la sixième colonne manquent entièrement et que les seuls représentants de la septième colonne sont le bismuth et le radium. Il doit exister un élément entre l'antimoine et le bismuth, deux éléments après le tellure, deux après l'iode, deux après le xénon, deux après le cæsium et un entre le baryum et le radium.

La recherche de ces éléments inconnus présenterait une difficulté énorme ; l'histoire de la chimie nous ap-

prend, en effet, que ce n'est que par hasard qu'on pourra les trouver. Et si l'on se rapporte à la découverte du thallium par sir William Crookes, du gallium par M. de Boisbaudran, du scandium par M. Cleve, du germanium par M. Winkler, on voit que personne n'aurait pu prédire où l'on devait chercher ces corps jadis inconnus. Mais il en est autrement avec les gaz de l'atmosphère ; par suite de leur inertie et de leur volatilité, *il est certain que, s'ils existent tant soit peu, on doit les trouver dans l'atmosphère.*

J'ai donc saisi avec empressement l'occasion qui m'a été offerte par M. Claude, d'examiner les résidus de la distillation de plus de cent tonnes d'air liquide. J'avais l'espérance d'y trouver les éléments de la série inactive qui manquent encore.

Pour comprendre la marche de l'expérience, je dois dire quelques mots du procédé Claude pour la séparation de l'oxygène et de l'azote de l'air atmosphérique. Comme nous l'avons déjà indiqué, les procédés de Hampson et de Linde pour la liquéfaction de l'air sont basés sur le refroidissement de l'air, produit par sa détente à travers une soupape ; tous deux se sont servi de l'effet Joule-Thomson. Mais, pour obtenir un refroidissement suffisant, la pression initiale de l'air comprimé doit être très forte. On savait depuis longtemps que la détente de l'air s'effectuait dans des conditions plus avantageuses dans une machine, à cylindre et piston, construite comme une machine à vapeur. La difficulté à faire fonctionner une telle machine consistait dans la lubréfaction, car, à la température de l'air liquide, les huiles ordinaires de graissage sont congelées. M. Claude a surmonté cette difficulté en se ser-

vant d'éther de pétrole, liquide mobile et volatil à la température ordinaire, mais visqueux à basse température. Avec une telle machine, une compression de 40 atmosphères est suffisante.

Pour séparer les constituants principaux de l'air, l'oxygène et l'azote, l'air comprimé à environ 4 atmosphères, refroidi dans des échangeurs, entre à la partie inférieure d'un système tubulaire baigné dans l'oxygène liquide ; en s'élevant dans les tubes, l'air est liquéfié partiellement et les parties liquides, à mesure de leur formation, retournent en sens inverse et en contact avec les gaz ascendants ; on obtient finalement à la partie inférieure du faisceau tubulaire, un liquide renfermant environ parties égales d'oxygène et d'azote, tandis que la partie de l'air non-liquéfiée, et qui consiste en azote presque pur, s'échappe à la partie supérieure des tubes et se condense à son tour dans un second faisceau tubulaire. La liquéfaction de l'oxygène et de l'azote provoque la vaporisation d'oxygène liquide qui baigne les faisceaux tubulaires, et les vapeurs d'oxygène ainsi produites s'élèvent dans une colonne de rectification semblable à celles dont on se sert pour le fractionnement de l'alcool ou des huiles. Le mélange d'oxygène et d'azote, condensé dans le premier système de tuyaux, sert à laver les gaz qui montent dans la colonne : ce liquide est déversé à peu prés vers le milieu de celle-ci. D'autre part, l'azote liquéfié dans le deuxième système tubulaire est envoyé à l'état liquide au sommet de la colonne, et sert à laver les gaz résultant de la rectification effectuée avec le premier liquide ; cette rectification complémentaire parfait la séparation. On obtient ainsi de l'oxygène et de l'azote

pratiquement purs qui, en sortant de l'appareil séparateur, entrent dans un système d'échangeurs où ils servent à refroidir l'air à séparer.

Dans cette méthode, il est bien évident que tous les gaz lourds doivent se trouver avec l'oxygène liquide du récipient inférieur qui entoure les faisceaux tubulaires liquéfacteurs ; les gaz légers s'échappent avec l'azote : les points d'ébullition des différents gaz sont les suivants :

Néon	Azote	Oxygène	Argon	Crypton	Xénon
— 243(?)	— 195°.6	— 182°.8	— 186°.1	— 151°.7	— 109°.1

M. Claude a eu l'obligeance de faire évaporer l'oxygène liquide résiduel provenant du traitement de cent vingt tonnes d'air liquide, en faisant passer les gaz à travers un ballon à double paroi, rempli d'air liquide. On nous a apporté les gaz dans des bouteilles renversées, bouchées comme à l'ordinaire et contenant un peu d'eau au-dessus du bouchon, pour faire joint.

M. le professeur Moore, d'Indianapolis, qui travaille actuellement dans mon laboratoire, a eu l'obligeance de s'associer avec moi dans cette recherche. Elle a duré fort longtemps, car débarrasser une grande quantité de gaz de l'oxygène et de l'azote est une opération bien laborieuse. Nous avons enlevé l'oxygène au moyen du phosphore, l'azote par la chaux-magnésium au rouge, les hydrocarbures et l'hydrogène par l'oxyde de cuivre, les oxydes de carbone par la chaux sodée, et la vapeur d'eau par l'anhydride phosphorique. Nous avons séparé les gaz inertes les uns des autres par le fractionnement : en les refroidissant à —185° au moyen de l'air liquide, l'argon se sépare facilement,

car son point d'ébullition ne diffère pas beaucoup de cette température. Le crypton a une tension de vapeur d'environ 12 millimètres à —185°, tandis que le xénon n'exerce qu'une tension de 0,13 millimètres. Après l'évaporation de l'argon, on enleva le crypton à la pompe, tandis que la plus grande partie du xénon resta dans l'ampoule. En répétant ces opérations méthodiquement, on arrive à obtenir une séparation complète des trois gaz.

Mais y en a-t-il un quatrième ou même un cinquième? Tel était le problème qui se posait. Pour le résoudre, nous avons recommencé les opérations avec les trois cents centimètres cubes de xénon, quantité relativement énorme. Nous l'avons liquéfié à —130°, température où sa tension de vapeur est d'environ 12 millimètres de mercure, et nous l'avons soumis à un fractionnement méthodique. Il est certain qu'à cette température, la tension de vapeur d'un homologue, plus élevé dans l'échelle des poids atomiques, ne serait que de quelques dixièmes de millimètre. De temps en temps, nous avons photographié et examiné le spectre de ces fractions : et d'abord, notre espérance a crû, car nous avons remarqué des différences notables, mais la présence de lignes inconnues était due aux hydrocarbures, provenant des huiles de graissage de la machine Claude, qui avaient échappé à l'oxydation par l'oxyde de cuivre; nous avons éliminé ces hydrocarbures au moyen de l'étincelle, en présence d'oxygène et de potasse caustique, et nous avons alors constaté l'identité absolue du spectre du dernier tiers de centimètre cube qui nous restait, avec celui du xénon incontestablement pur.

Or, la proportion du xénon dans l'atmosphère est de 1 à 170.000.000 (170 millions), et nous nous demandons quelle est la probabilité qu'un gaz inconnu reste encore à découvrir. Nous avons opéré avec les résidus provenant du traitement de 100 tonnes d'air, soit 77,4 millions de litres, et avons obtenu 300 centimètres cubes de xénon.

Il est presque certain que nous aurions pu, par la photographie de son spectre, déceler la présence d'un gaz dont la quantité n'aurait pas excédé $^1/_{10}$ de celle du xénon, et il est même probable que nous aurions pu le faire avec un gaz n'excédant pas $^1/_{100}$ du xénon. Or, le résidu des 300 cm^3 de xénon était 0,3 cm^3, c'est-à-dire $^1/_{1000}$ du xénon total ; on peut donc dire que le gaz cherché n'excède pas en quantité $^1/_{10\,000}$ du xénon total et qu'il est même possible qu'il n'en dépasse pas $^1/_{100\,000}$, si nous admettons possible de reconnaître les lignes du nouveau gaz s'il n'en existe que $^1/_{100}$ dans le xénon.

En supposant donc la présence de 0,03 cm^3 du nouveau gaz dans le xénon, formant environ $^1/_{170\,000\,000}$ de l'air, il en résulte qu'il n'existe pas *une partie* de gaz étranger dans 774 millions de litres d'air traité ; on en conclut encore que si un tel gaz existe, il n'excède pas deux cinq-milliardièmes ($^1/_{2\,500\,000\,000}$) de l'air, et si on peut en déceler $^1/_{100}$ dans le xénon, il n'excède pas deux cent cinquante-milliardième ($^1/_{25\,000\,000\,000}$).

IV. — Faut-il conclure des expériences précédentes que les éléments gazeux lourds de la série de l'argon n'existent pas? Je ne le pense pas, mais vraisemblablement l'on ne réussit pas à les séparer des autres gaz de l'atmosphère à cause de leur instabilité. En un

mot, ils constituent les émanations du radium, du thorium et de l'actinium. Si nous cherchons maintenant les poids atomiques qu'il faut leur attribuer, il me parait probable qu'ils doivent se ranger suivant l'ordre de stabilité des émanations : l'émanation du radium, dont la moitié de la vie est 3,8 jours, représenterait le congénère (compagnon) de l'argon du poids atomique 172, ce qui se concilie assez bien avec les déterminations approximatives de sa densité. L'émanation du thorium, qui est encore moins stable, doit posséder le poids atomique de 216, et celle de l'actinium, dont la vie n'excède pas 4 secondes, et qui est la moins stable, doit être la plus lourde, avec un poids atomique de 260, c'est-à-dire $216 + 44$. On pourrait reconnaître les deux premières dans l'atmosphère, car elles s'échappent continuellement du radium et du thorium contenus dans le sol ; mais, tandis que l'émanation du radium se conserve pendant des jours entiers et cause la radioactivité de l'air, l'émanation du thorium ne se trouve que dans le voisinage des sources de thorium, et seulement éloignée de quelques centimètres de ces sources.

L'émanation de l'actinium, au contraire, disparaît presque aussitôt qu'elle est formée, et ne se diffuse pas dans l'atmosphère.

Il faut avouer, cependant, que les dernières déterminations du poids atomique de l'émanation du radium, faites par M. Wheeler en comparant sa vitesse de diffusion avec celle de la vapeur de mercure, indiquent pour ce poids atomique un nombre supérieur à 200 ; dans ce cas, la lacune 216 conviendrait à l'émanation du radium.

Je me permettrai, par analogie, de conclure que les éléments qui manquent dans la sixième et la septième colonne de la table périodique n'existent pas à cause de leur instabilité. Il faut d'ailleurs remarquer que l'instabilité ne dépend pas seulement de la grandeur des poids atomiques ; car le bismuth, dont le poids atomique est de 208, est assez stable, tandis que l'*eka-tellure* et l'*eka-iode* n'existent pas, paraît-il.

Il devient de plus en plus probable que les produits de transformation des éléments radioactifs, les Ra A, B, C, les ThX, Act. X, UX, etc., doivent occuper ces lacunes. Mais dans l'état de nos connaissances, il serait prématuré de leur assigner une place dans le système périodique, et bien que nous soyons sur le point de pénétrer la vraie signification de la loi fondamentale qui gouverne la régularité du système périodique, il me semble que le temps n'en est pas encore venu.

Chi va piano va sano e va lontano ;

en français :

Qui trop se hâte en cheminant
En beau chemin se fourvoye souvent.

Ces maximes antiques, traduites dans le langage de la chimie moderne, signifient qu'il faut attendre les expériences avant de poser des conclusions ; les hypothèses ne servent qu'à guider l'expérimentateur ; nos connaissances vont s'accroissant de jour en jour, sans cependant devenir jamais complètes.

Néanmoins, bien que les Anciens n'aient pas possédé la science exacte, il est bien bizarre de trouver chez

eux des pensées comme celles indiquées dans les vers suivants de Lucrèce :

Nunc igitur quoniam certissimi corpora quædam
Sunt quæ conservant naturam semper eamdem.
Quorum aditu, aut abitu, mutatoque ordine mutant
Naturam res, et convertunt corpora sese.

« Il est certain qu'il y a des corps, qui par leur entrée (combinaison) ou par leur départ (décomposition) ou par un changement de leur ordre (structure) modifient les choses, et changent les corps eux-mêmes. »

Peut-on attribuer cette fonction aux électrons ?

ÉTUDE

SUR LA

VISCOSITÉ DE QUELQUES MÉTAUX

EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

PAR

C.-E. GUYE et S. MINTZ

(Suite et fin[1].)

DEUXIÈME PARTIE

Expériences définitives.

Platine.

(Courbe 1, v. p. 265.)

Nous avons commencé nos expériences avec un fil de platine de 0,18 mm. de diamètre, 40 cm. de longueur, supportant une charge de 150 gr. Après avoir observé tous les phénomènes décrits plus haut, nous l'avons chauffé. La difficulté consistait dans le choix d'un mode de chauffage pour lequel le décrément logarithmique restât comparable à lui-même, pour une température donnée. Ayant attendu que le décrément logarithmique cesse de varier avec le temps, nous avons

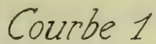
[1] Voir *Archives,* t. XXVI, août 1908, p. 136.

d'abord soumis le fil à des températures croissantes, et nous avons déterminé les décrémentspour des températures distantes entre elles de 50°, Après la détermination du décrément à la température la plus haute, nous avons refroidi le fil pour prendre le décrément à la température ambiante de l'air. Quoique les résultats que nous reproduisons plus loin soient peu exacts, nous les reproduisons à cause de l'intérêt qu'ils offrent relativement à la connaissance de la marche à suivre ultérieurement dans l'échauffement et la détermination du décrément.

On a remarqué en procédant ainsi : 1° qu'on ne retrouve pas la même valeur du décrément en revenant à la température ambiante, c'est-à-dire que la structure moléculaire du fil a changé ; 2° qu'à mesure qu'on chauffe à une température plus élevée, on revient presque à la même valeur du décrément, comme le prouvent les expériences 9 et 11 du tableau suivant :

	Température	Pression	$\log \frac{\alpha_n}{\alpha_{n+2}}$
1	14°	40	0.03310
2	46.57	32	3420
3	14	20	3422
4	47	18	3227
5	14	15	3483
6	100.73	21	3726
7	14	16	3381
8	154	17	5956
9	14	16	3681
10	200	16	11246
11	14	16	3710
12	250	16.5	19500
13	14	16	4532

L'expérience 13 semble contredire ce fait; mais en



Fil de platine

Long: 36,4 cm.; diam: 0,1443 mm.
Charge 87,845 grammes
Durée d'oscillation à 392°64 = 12"4
" " " 14° = 11"9

Décréments logarithmiques

0,009
0,008
0,007
0,006
0,005
0,004
0,003
0,002
0,001
0,0005

Température

0 40 80 120 160 200 240 280 320 360 400

fig. 2.

chauffant à la température de 250°, le fil de platine sous sa charge a subi une déformation permanente, un allongement très marqué ; 3° le décrément varie avec la température et cette variation est moins rapide pour les températures inférieures à 100°, mais devient très rapide pour les températures élevées, et presque infinie pour les températures où la charge du fil devient suffisante pour le déformer d'une façon très appréciable.

Ces expériences nous ont engagé à réduire notre charge de manière à ce qu'elle ne dépasse pas $^1/_{10}$ de la charge à partir de laquelle se produisent ces déformations permanentes très appréciables. Nous ne pouvions diminuer davantage cette charge, devant avoir un fil bien tendu et un moment d'inertie convenable pour pouvoir, avec assez d'exactitude, procéder à des lectures d'amplitudes.

Ainsi nous avons réduit la charge à 87,845 gr. et le diamètre du fil à 0,14 mm. La longueur du fil était de 36,4 cm. Nous avons commencé par chauffer à la température la plus élevée que pouvait supporter notre fil de platine avec sa charge.

Pendant six heures, nous l'avons porté à la température de 400° ; pendant tout ce temps, le zéro de l'échelle variait, car le fil se détordait. Nous avons attendu jusqu'au moment où le zéro restait immobile, puis nous avons déterminé le rapport des amplitudes.

Avant le chauffage, le rapport était 0,02962 pour 25 oscillations ; à 400°, il était sept fois plus grand. Après le refroidissement, sa valeur était 0,02820 et il resta invariable pendant toute la durée de nos expériences, sauf de faibles variations avec le temps, quoique nous ayons refroidi et réchauffé plusieurs fois, le fil

d'expérience, sans dépasser jamais la température de 400°. Pour de plus amples vérifications, nous avions par deux fois déterminé les décréments : une première fois en commençant par la température la plus élevée et en descendant vers la température ambiante, une seconde fois en procédant avec des températures croissantes.

Fil de platine : diam. 0,1443 mm., long. 36,4 cm., charge 87,45 gr.

Pression en cm	Température	$\log \frac{\alpha_n}{\alpha_{n+2}}$	Durée de 25 oscil.
16	392.64	0.0073936	310″
17	332.61	22824	305″6
19	277.62	17084	304″7
21	220.62	12972	303″1
17	165.86	11900	301″4
16.5	103.09	11404	299″7
17	59,37	11408	298″8
16	14.8	11048	297″
16	14.7	10980	297″
17	60.9	11116	298″2
17	125.94	11424	299″6
17	221.09	12624	303″4
14	260.78	14348	307″3
18	337.22	28864	

Argent.

(Courbe 2, v. p. 268.)

Ayant préalablement déterminé son décrément à la température ordinaire, nous l'avons porté à la température de 220°. Le zéro de l'échelle variait énormément et il fallait le maintenir pendant douze heures à cette température pour avoir un zéro plus ou moins

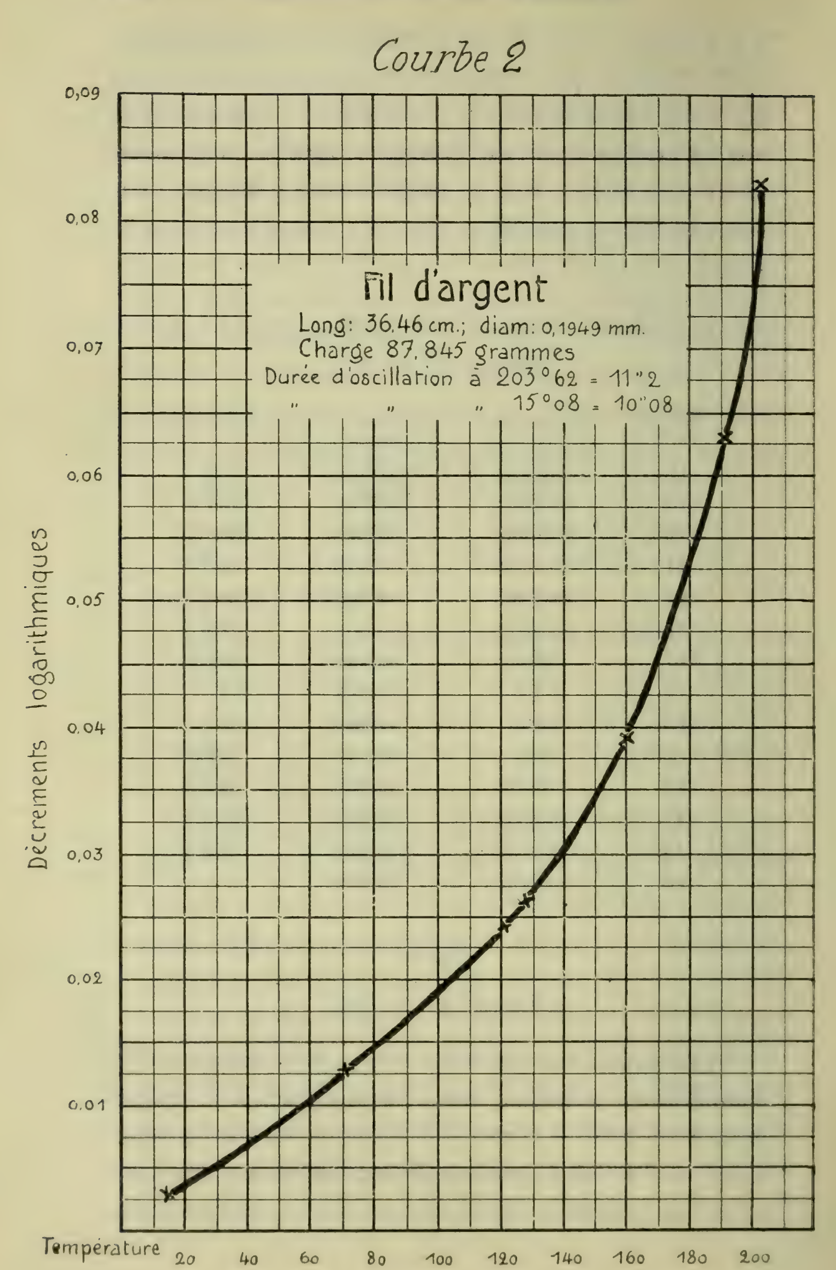

Courbe 2
Fil d'argent
Long: 36.46 cm.; diam: 0,1949 mm.
Charge 87.845 grammes
Durée d'oscillation à 203°62 = 11"2
" " " 15°08 = 10"08
Décrements logarithmiques
0,09
0,08
0,07
0,06
0,05
0,04
0,03
0,02
0,01
Température
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200

fig. 3.

fixe. Le décrément en fut tout à fait modifié ; après le chauffage, il était quatre fois plus petit. Ainsi, ayant été chauffé à 220° pendant quatre heures, puis refroidi, le fil donnait un décrément de 0,05089 ; après quatre nouvelles heures de chauffage, le décrément était à la température ordinaire 0,03750. Enfin, après quatre nouvelles heures de chauffage, le zéro de l'échelle devint fixe et le décrément de même, étant égal à 0,03451. Comme nous le voyons par le tableau qui suit, en le comparant avec celui relatif au platine, la marche du phénomène est la même, seulement la variation avec la température est beaucoup plus brusque et la courbe prend une allure asymptotique à une température bien inférieure. Ainsi, il semble que la variation avec la température est d'autant plus rapide que la température de fusion est plus basse, et que la charge que porte le fil est plus grande, comme l'ont montré les expériences préliminaires avec le fil de platine.

Fil d'argent : diam. 0,1949, long. 36,46 cm., charge 87,845 gr.

Pression	Température	$\log \frac{\alpha_n}{\alpha_{n+2}}$	Durée de 10 oscil.
43	203.62	0,08284	112″
43	159.86	3974	108″5
31.5	122.09	2349	105″6
42.5	63.52	1749	102″6
25	15.08	0299	100″8
25	15.08	0299	100″8
46	70.79	1315	
39	129.29	2598	
42	192.05	6303	

Or.

(Courbes 3 et 3 *bis*, v. p. 271.)

Le mode d'opération était ici tout à fait semblable à celui que nous avons suivi avec l'argent. On a porté le fil pendant douze heures à la température de 280° et, après avoir constaté que le zéro restait fixe, on a commencé la détermination du décrément en décrivant les deux cycles de températures, en montant et en descendant.

Avec l'or, la variation avec la température était très sensible : le décrément était soixante-dix fois plus grand à la température de 280° qu'à 19°.

Fil d'or : diam. 0,1938 mm.. long. 38,85 cm., charge 87,845 gr.

(Courbe 3, v. p. 271.)

Pression	Température	$\log \frac{\alpha_n}{\alpha_{n+2}}$	Durée de 10 oscillations
22.5	269.49	0.10998	103″2
26.5	227.58	4810	99″1
22	173.37	2868	95″85
40	119.03	0907	93″3
33	59.18	0200	92″4
35	19.03	0161	92″1
37	131.06	1198	
35	211.56	3970	

Ensuite nous avons pris le même fil et suspendu une charge plus petite, 75.415, mais ayant presque le même moment d'inertie. Pour cette charge, la durée de dix oscillations était 98″ au lieu de 92″.

On a trouvé ici de grands changements dans la marche de la variation du décrément. On a pu ainsi monter plus haut, vers 330°, et la variation du décrément n'était pas si brusque.

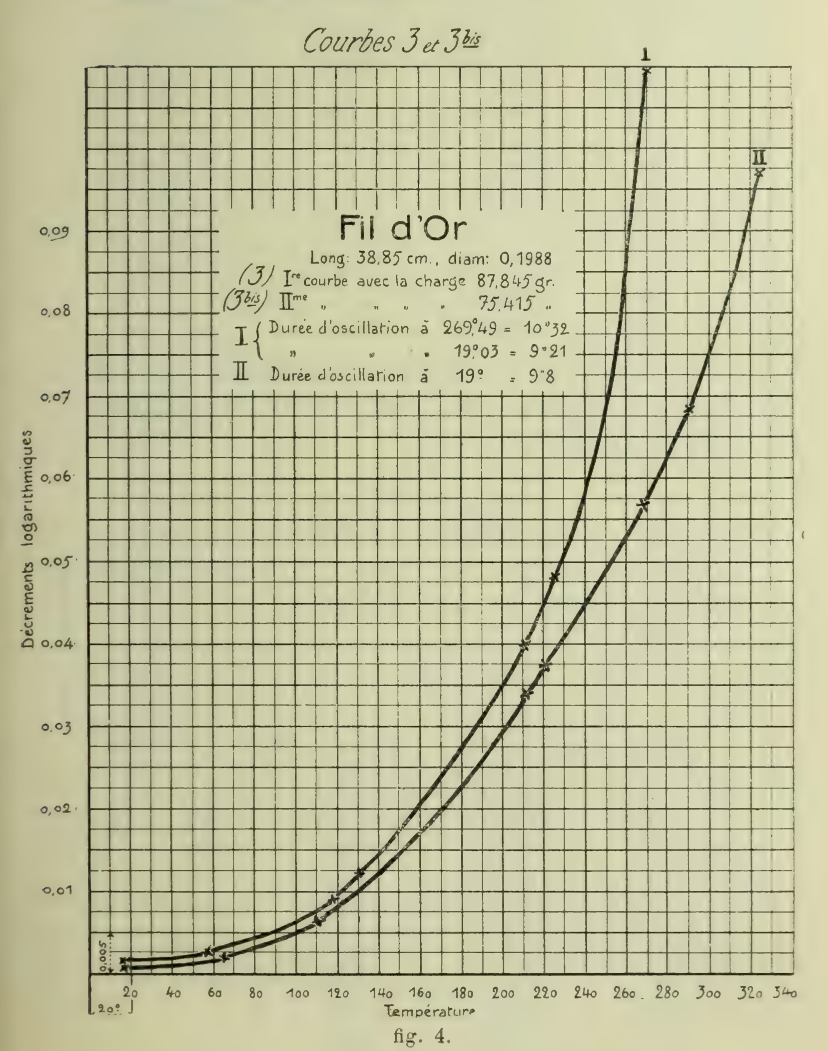


fig. 4.

Fil d'or : diam. 0,1938 mm., long. 38,85 cm., charge 75,415 gr.

(Courbe 3 *bis*, v. p. 271.)

Pression en cm	Température	$\log \frac{\alpha_n}{\alpha_{n+2}}$	Durée de 10 oscillations à froid
32	324.07	0.09255	
32.5	268.15	5719	
34	221.64	3770	
33	162.91	2171	
33	109.03	0723	98″
33.5	66.20	0194	
30	19	0.00145	
30	111.06	0749	
32	210.66	3404	
29	291.70	6817	

Ces deux courbes montrent l'importance de l'influence de la charge du fil sur le décrément aux températures élevées.

Cuivre.

(Courbe 4, v. p. 273.)

Pour l'échantillon de cuivre, les résultats ont été tout à fait semblables aux précédents.

Fil de cuivre : diam. 0,2008 mm., long. 37 cm., charge 75,415 gr.

Pression en cm	Température	$\log \frac{\alpha_n}{\alpha_{n+2}}$	Durée de 10 oscillations
51	308.42	0.19586	
58	266.43	9992	86″8
58	221.59	6226	83″1
49	180.18	3921	79″5
49	135.15	1809	77″4
46	101.71	661	76″9
50	19	113	74″6
61	71.96	215	
60	183.42	4097	
58	267.36	10194	

Ainsi nous voyons que pour tous les métaux examinés, et en tous les points, la marche du décrément logarithmique est la même ; il augmente très rapidement avec la température et devient partout asymptotique à la ligne des décréments. Seulement, la température correspondante varie selon le métal et selon la charge

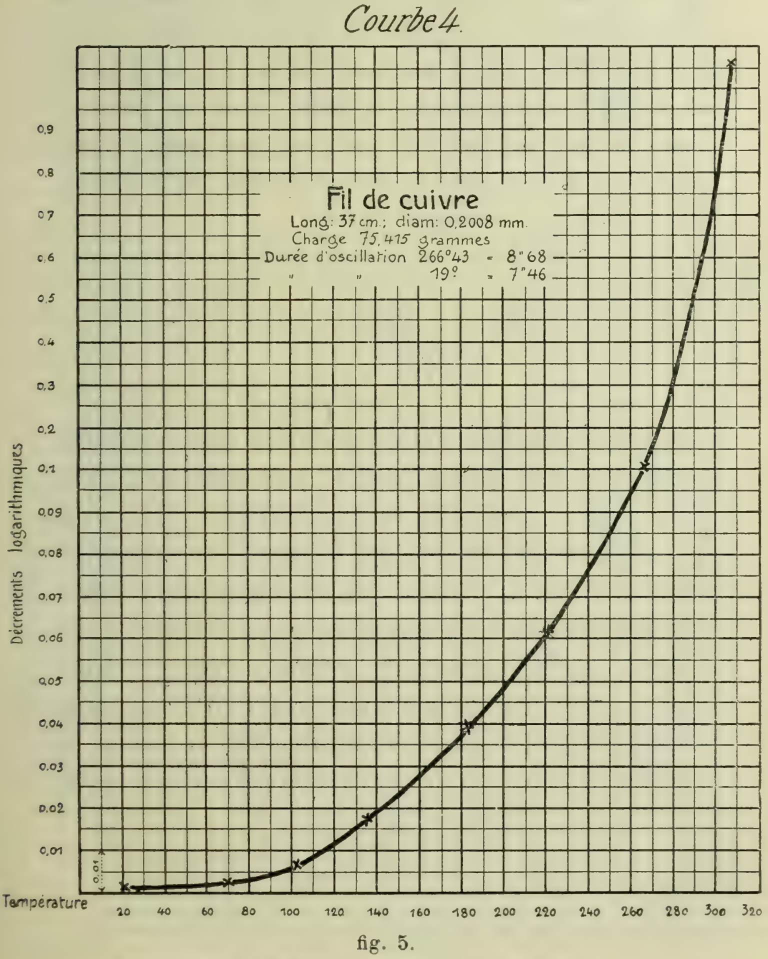


fig. 5.

portée. Cependant un métal parait faire exception à cette loi : c'est le platine, pour la température de 59°37. On voit que le décrément est plus petit à cette température qu'à celle de 14°. Cette différence est si minime, qu'on peut simplement conclure, au premier abord, qu'entre les températures 14° et 100°, il n'y a pas de variation sensible pour le fil de platine avec la charge donnée. A l'appui de cette supposition vient s'ajouter le fait qu'en montant, on ne retrouve point ce brusque changement angulaire. Mais on pourrait aussi donner une autre explication, que nous retrouvons dans la variation du décrément des fils d'acier et que nous allons décrire.

Acier.

(Courbe 5, v. p. 275.)

Les opérations préliminaires étaient tout à fait semblables aux précédentes, avec la seule différence qu'ici l'état stationnaire du fil était atteint plus vite : après quatre heures de chauffage à la température de 350°. La marche de la variation du décrément était tout à fait différente de celle des métaux précédents. Le décrément augmente entre 19° et 200°; ensuite il diminue et passe par un minimum vers 250°, pour augmenter de nouveau avec la température, et ensuite la variation devient comparable à celle des autres métaux.

Fil d'acier : diam. 0,1063 mm., long. 39 cm., charge 75,415 gr.

Pression en cm	Température	$\log \dfrac{\alpha_n}{\alpha_{n+2}}$	Durée de 10 oscillations
40	336.46	0.01758	223″4
40	292.61	0630	218″8
34	243.60	0363	216″1
34	197.41	413	213″8
34	153.31	365	212″1
34	127.55	271	210″3
33	70.11	133	208″8
33	19.43	111	207″2

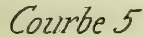


fig. 6.

Nous avons repris une fois encore ce cycle en montant et en descendant, et toujours les mêmes résultats se sont reproduits.

Enfin, pour plus de sûreté, nous avons pris un autre échantillon du même fil et nous lui avons fait décrire les mêmes cycles :

Pression	Température	$\log \frac{\alpha_n}{\alpha_{n+2}}$	Durée de 10 oscil.
77	341.20	0.02138	220″8
89	291.55	585	215″8
87.5	220.95	378	211″8
92	170.08	452	209″9
88	124,86	253	207″2

Ainsi ce tableau justifie les résultats trouvés plus haut, Cette particularité de l'acier a d'ailleurs été déjà remarquée par d'autres expérimentateurs, comme nous l'avons vu dans l'aperçu historique, mais non tout à fait pour les mêmes valeurs absolues de températures ; ce qui s'explique par le fait que les aciers n'étaient probablement pas les mêmes, ni les conditions des expériences, en particulier les charges supportées.

Il convient de remarquer que le maximum de décrément ne se retrouve pas sur la durée d'oscillation.

CONCLUSIONS

Les recherches préliminaires que nous avons effectuées ont confirmé d'abord les points suivants, observés déjà par quelques expérimentateurs dans leurs traits essentiels, et tout particulièrement dans les travaux importants de M. le prof. Gray et de ses élèves.

1° Le décrément logarithmique d'un fil métallique suspendu varie avec le temps. Cette variation est assez

appréciable immédiatement après la suspension, mais après un certain temps, qui dépend d'ailleurs de la nature et de l'état moléculaire du fil, elle s'atténue et le décrément tend vers une valeur fixe bien déterminée. Pour un fil recuit, la valeur définitive du décrément est atteinte beaucoup plus rapidement que pour un fi non recuit.

2° Le décrément logarithmique dû à la résistance de l'air par suite du mouvement de l'équipage mobile n'atteignait pas, dans nos expériences préliminaires, 10 °/₀ de la valeur du décrément total, et cela à la pression atmosphérique. Il était négligeable dans les expériences définitives faites dans un vide partiel de quelques centimètres.

3° Le décrément logarithmique varie avec l'amplitude de l'oscillation. A la pression atmosphérique, le décrément correspondant aux grandes amplitudes (5°) est sensiblement plus grand que pour les plus petites (3°); ce qui s'explique en partie par le fait qu'une fraction de l'amortissement est dû à la résistance de l'air, laquelle, par suite du mouvement du miroir, doit avoir un terme supérieur, proportionnel au carré de la vitesse. Cette différence entre l'amortissement des grandes et des petites amplitudes s'atténue progressivement, et disparaît presque complètement pour les pressions notablement inférieures à la pression atmosphérique, de sorte que le décrément logarithmique demeure sensiblement constant pour les amplitudes ne dépassant pas 5° dans nos expériences. Il n'en serait probablement plus de même pour de plus grandes amplitudes.

Ces points étant établis, nous avons fait une étude spéciale du décrément en fonction de la température,

et dans des limites beaucoup plus étendues qu'on ne l'avait fait jusqu'ici. Dans ces expériences, les fils ont été recuits avec leur charge, souvent pendant plusieurs heures, puis les décréments ont été déterminés pour des températures décroissantes jusqu'à la température de la salle, puis pour des températures croissantes voisines de la température initiale maxima. Dans ces conditions, les courbes descendantes et ascendantes du décrément se superposent dans la limite des erreurs d'expérience. Les principaux résultats ont été les suivants :

1° La valeur du décrément varie très rapidement avec la température. Mais on rend cette valeur beaucoup moins sensible à l'influence des températures antérieures en prenant la précaution de recuire longtemps les *fils avec leur charge* à une température plus élevée que celle des fluctuations ultérieures.

2° L'augmentation du décrément avec la température est d'autant plus sensible que la charge portée par le fil est plus grande.

3° L'allure de cette variation est presque la même pour les fils de platine, d'argent, d'or et de cuivre. Pour l'acier, cette variation a une allure différente. Dans les conditions de nos expériences, le décrément augmentait d'abord jusque vers 100°, puis il diminuait progressivement et passait par un minimum vers 200°, pour croître ensuite très rapidement. Ces variations très caractéristiques du décrément sont nécessairement l'indice de modifications dans l'état moléculaire du fil, et ces modifications seraient reversibles, car elles peuvent être observées aussi bien pour les températures croissantes que pour les températures décroissantes.

LES
PTÉRIDOPSIDES DES TEMPS PALÉOZOÏQUES
ETUDE CRITIQUE

PAR

R. CHODAT

I. Lyginodendrées et Médullosées[1]

Toute la fin du XIXe siècle a été dominée par une préoccupation : rechercher l'origine des espèces, établir un phylum de la nature organique. Et pour ce faire, sollicités par la méthode et l'esprit de la théorie du grand Darwin, les botanistes comme les zoologistes se sont efforcés de soulever le voile qui recouvre les origines de la vie et des formes, en appliquant à cette recherche émouvante toutes les ressources dont ils disposaient. La morphologie comparée, l'anatomie comparée, l'embryologie comparée, la géographie biologique et même la méthode expérimentale qui a donné naissance à des branches variées de la biologie, comme

[1] Toutes les considérations qui vont suivre ne représentent pas qu'une étude bibliographique, mais reposent sur l'examen des objets eux-mêmes. L'Institut de Botanique de l'Université de Genève possède une belle collection des fossiles anglais étudiés par Williamson, Scott, etc.

la morphologie expérimentale, toutes ces branches du savoir humain ont été utilisées en un effort commun, résoudre ce problème : arracher à la nature le secret de nos origines.

Selon Darwin, les êtres actuels ne sont que les derniers termes de séries qui ont compris des formes nombreuses ; chaque espèce, chaque groupe d'espèces a ainsi passé par des étapes nombreuses déterminées par les circonstances qui, à chaque période de l'histoire du globe, résultaient de l'ensemble des conditions de vie donné par la configuration des continents, l'extension des mers, la distribution des climats, la nourriture et qui, dans l'âpre lutte que se livrent les êtres vivants pour subsister, s'implanter et multiplier, donnent la victoire à ceux qui savent le mieux utiliser toutes les ressources mises par la nature à leur disposition.

Or, toute théorie de l'évolution biologique présuppose un matériel plastique, changeant, qui de l'amibe à l'homme, du Protococcus au chêne, a pu se déformer indéfiniment au cours des circonstances successives.

La variation, la constance, voilà deux notions bien opposées ! Les êtres vivants considérés comme un tout, de leur naissance à la mort passent par des transformations parfois nombreuses et, dans tous les cas, très importantes. Mais, comparés, chaque stade de l'évolution ontogénique est le même dans tous les individus d'une même espèce ; cependant, en y regardant de près, de faibles, parfois de fortes différences séparent ces stades comparables d'individus qui non seulement appartiennent à la même espèce, mais sont dérivés d'une même fécondation.

Il y a donc inégalité dans un matériel qu'on pouvait *a priori* supposer comme homogène, Or, les Darwiniens pensent que cette inégalité est un indice de variabilité, et que la nature choisissant parmi ces variations, sait accumuler les petites déviations jusqu'à les exagérer et produire ainsi les caractères apparents, stables, qui définissent les espèces au sens général du mot.

Les biométriciens, au contraire, estiment, assurent, affirment que ces variations sont uniquement pendulaires et qu'il y a retour au type. La variabilité est pour eux l'indice d'actions petites et multiples qui, agissant sur un milieu homogène, produisent, selon la loi des probabilités, tous les écarts de la moyenne. Tous ces écarts de la moyenne retournent au type. Selon eux les espèces élémentaires, quand elles sont sans mélange, sont constantes, les variations n'étant que des écarts individuels qui, à la prochaine génération, tendent vers le type.

Et il semble bien que les études faites sur les Bactéries, les levures et les Algues, etc., chez lesquels il est possible d'obtenir rapidement des milliers de générations, donnent raison à ceux qui tiennent pour vrai que les espèces sont constantes. Et l'on a vu ces dernières années des savants qui défendent avec acharnement l'invariabilité des organismes inférieurs, par une singulière contradiction, admettre le transformisme chez les êtres supérieurs.

Il y a donc contradiction entre les faits expérimentaux et les inductions tirées de la comparaison des formes, de leur distribution géographique, de l'embryologie comparée. L'immense travail de la moitié du

dernier siècle nous laisse cependant sous l'impression qu'aucune autre théorie n'est satisfaisante, ne donne l'explication des faits constatés, sinon celle de l'évolution du règne organique.

Mais, disent les évolutionnistes, ce que ne peut obtenir la science avec le temps limité dont elle dispose, la Nature, qui a pu travailler au cours des siècles innombrables qui se sont succédés depuis l'apparition de la vie sur le globe, peut, en accumulant de petites variations qui sont insensibles à nos yeux, faire apparaître la multiplicité des formes qui fait le bonheur des systématiciens nomenclateurs.

Comparer l'arbre généalogique construit par l'imagination au service de la morphologie, de l'anatomie et de l'embryologie comparées, avec la succession réelle des êtres, des végétaux, au cours des époques géologiques, c'est le propre de la paléontologie [1].

Or, que nous enseigne la paléontologie végétale ? Les phanérogames Angiospermes, plantes à fleurs, n'apparaissent sûrement qu'à partir du Crétacique, à l'apogée des temps secondaires. Les Cycadacées, l'une des familles les plus importantes des Gymnospermes, plantes qui par beaucoup de leurs caractères semblent intermédiaires aux Phanérogames et aux Cryptogames, apparaissent au déclin de la période primaire ; ils vont se développant avec intensité pendant les temps secondaires.

[1] Zeiller, R. *Eléments de paléobotanique*, Paris, 1900 ; Potonié, H., *Lehrbuch der Pflanzenpalæontologie*, 1897-1899 ; Oliver, F.-W., Pteridosperms and Angiosperms, *New Physiologist*, vol. V, p. 232 ; Scott, D.-H., *Studies in Fossil Botany*, London, 1900.

Les périodes paléozoïques ou primaires sont connues depuis longtemps comme caractérisées par une flore cryptogamique bien prépondérante et qui paraît consister surtout en Fougères, en Equisétacées et en Lycopodiacées, auxquelles viennent se mêler quelques Gymnospermes, lesquelles deviennent surtout abondants vers la fin des temps paléozoïques.

Ainsi dans son ensemble, cette image que s'étaient faite les botanistes par le moyen de la morphologie comparée (de Candolle, Brongniart, Endlicher, Hofmeister, Sachs), et qui a été formulée dans les grands systèmes de ces auteurs, cadre assez bien avec les données de la paléontologie.

Il ne faut tout d'abord considérer que les grandes lignes : Pendant longtemps, on a cru que les temps paléozoïques avaient été caractérisés par la prédominance de plantes inférieures de la classe des Ptéridopsides, aussi appelées Cryptogames vasculaires[1]. Mais déjà du temps de Brongniart, on avait découvert au milieu de cette flore de Fougères, de Prêles et de Lycopodes, des troncs qui possédaient des caractères de plantes supérieures. Leur bois et leur liber s'accroissaient selon le mode des Phanérogames Gymnospermes et Angiospermes ; il est vrai que l'apparence de ces troncs était celle d'Equisétacées et de Lycopodinées, mais on ne pouvait imaginer à ce moment que des plantes cryptogames pouvaient avoir, à la façon des plantes supérieures, produit du bois secondaire à partir d'une assise génératrice.

Toute l'Ecole française compétente était d'accord :

[1] De Saporta et Marion, *L'évolution du règne végétal,* 1881-1885. Paris, vol. I-III.

aux Cryptogames du Carbonifère s'associaient des Progymnospermes équisétoïdes et lycopodioïdes.

La solution de ce problème vint d'Angleterre : un autodidacte[1] non imbu des idées de l'Ecole, M. Williamson, était arrivé à cette conviction que les Calamites étaient bien réellement des Equisétacées, de même que les Sigillaires appartenaient à la classe des Lycopodiacées. Pendant vingt ans cet auteur défendit cette idée, qui nous paraît aujourd'hui banale, que les Cryptogames vasculaires des temps paléozoïques étaient pour la plupart des végétaux à structure secondaire et qui, dès l'aube de ces périodes reculées, étaient déjà en possession de caractères qui font défaut à leurs congénères actuels.

Cette conclusion finalement admise par Hovelacque[2] entraîna l'adhésion définitive de l'Ecole française, à laquelle nous devons tant de travaux importants sur l'histoire des fossiles.

Grâce à l'examen de nodules calcifiées des houillères dont on put, au moyen de coupes minces, étudier les détails de structure comme on étudie actuellement ceux des plantes vivantes. Alors successivement furent découverts l'hétérosporie des *Calamostachys*, les appareils reproducteurs des *Calamodendron*, dont le feuillage était du type *Annularia* ; l'hétérosporie des Lépidodendron, puis les appareils reproducteurs de plantes

[1] Williamson, *Autobiographie*. Petit livre fort intéressant qui ne devrait manquer dans aucune bibliothèque pour la jeunesse.

[2] Bertrand, C.-S., *Maurice Hovelacque*. Hovelacque, M., Recherches sur le Lepidodendron selaginoides Sternb. *Mém. Soc. Linn. de Normandie*, vol. XVII, 1892.

insoupçonnées, les *Spencerites*, les *Cheirostrobus*, les *Sphenophyllum*[1]. Et enfin, grâce au zèle infatigable de Williamson, on put aborder l'étude minutieuse des troncs fossiles et des appareils végétatifs qu'ils portaient. A l'examen des empreintes, incapables à elles seules de nous renseigner sur la nature réelle des fossiles, venait se substituer l'étude anatomique des fossiles eux-mêmes. Patiemment, avec méthode, en Allemagne, le comte de Solms-Laubach[2] et Potonié, en France MM. Renault, Grand, Eury, Zeiller, Bertrand et Lignier, en Angleterre Williamson, Scott, Seward, Kidston, Oliver, Weiss et leurs nombreux élèves, reconstituent pièce après pièce de débris épars les végétaux fossiles dont l'anatomie et la morphologie, surgissent comme hors de la nuit et du brouillard du matin, s'affirment peu à peu tous les détails d'un beau paysage, lorsque du haut d'une colline nous examinons la plaine immense !

L'histoire de cette période de la science contemporaine serait l'une des plus attrayantes à écrire. Nous nous bornons à en esquisser l'un des chapitres.

Or, voici l'objet principal de la première partie de notre étude, celui dont nous avons l'intention de parler avec plus de détails. Williamson avait reconnu dans les nodules cités, des troncs de Fougères auxquelles on a donné le nom de *Lyginodendron* et de *Heterangium*, puis des pétioles de toute espèce auxquels on a donné le nom de *Rhaciopteris*. Chacun de ces fossiles, étudié avec soin, présentait des particularités intéressantes.

[1] Scott, *Studies in fossil Botany.*

[2] Solms-Laubach, *Einleitung in die Palæophytologie*, 1887.

Associé à Scott, Williamson démontra que les troncs nommés Lyginodendron portaient des pétioles *Rhaciopteris (R. aspera)*, et un feuillage de fougère du type *Sphenopteris*. Ainsi était reconstituée la plante tout entière, l'un des types les plus communs du Carbonifère d'Angleterre. Or, cette Fougère possédait deux particularités intéressantes : vraie Fougère par la forme de sa fronde, elle avait dans sa tige une structure qui rappelait celle des Cycadacées : autour d'une moelle entourée de faisceaux primaires se développait une assise génératrice produisant un anneau de bois secondaire [1].

Scott ayant continué seul après la mort de Williamson ces très intéressantes recherches, arrivait à cette conclusion (Studies in fossil Botany) : Les *Lyginodendron* étaient intermédiaires entre les Fougères et les Cycadacées par leur anatomie. Le lien si longtemps cherché entre les Pteridophytes et les Gymnospermes était enfin découvert. Depuis lors, Scott et ses élèves ont tous insisté sur cette filiation, qui est admise actuellement du consentement général.

Sur quoi se base cet auteur pour attribuer à ces troncs et même aux traces foliaires, faisceaux qui partent de ces troncs, la valeur d'une structure cycadéenne. C'est la présence autour de la moelle du Lyginodendron de faisceaux qui lui paraissent identiques à ceux des feuilles de Cycadacées. Cette opinion est répétée dans ses nombreux travaux et elle est illustrée par deux figures souvent répétées, et auxquelles nous

[1] Voir les Mémoires de Williamson, On the organisation of the fossil plants of the Coal Measure I-IX, *Phil. Transac. Roy. Soc.*, 1871-1893. Williamson et Scott, *Ibid.*, 1893-1896, et Scott, *Ibid.*, 1896-1908.

avons nous-même également donné précédemment une valeur particulière. Mais cette identification est-elle justifiée ? M. Scott distingue trois sortesde faisceaux : les *exarques* avec protoxylème externe et développement du métaxylème en direction centripète, les *endarques* avec protoxylème interne et développement du métaxylème en direction centrifuge, et enfin les faisceaux *mésarques*[1], où le protoxylème est central et où le développement du métaxylème se fait tant du côté externe que du côté interne. On sait depuis longtemps que dans les feuilles des Cycadées, il y a deux bois : le xylème centripète, ordinairement le plus développé, puis le xylème centrifuge, le moins développé. C'est ce qui a valu aux plantes qui ont ces deux bois le nom de Diploxylées. L'importance que l'on a donnée à cette particularité de la feuille des Cycadacées est démontrée 1° par l'utilisation que Scott en fait pour démontrer l'affinité du genre Lyginodendron avec les Cycadacées ; 2° l'établissement du groupe des Diploxylées ; 3° les travaux de Wordsdell, Chodat, Bernard et Sprecher[2] sur cette question.

Il ne sera donc pas inutile d'examiner à nouveau la valeur de l'argumentation de Scott et de ceux qui l'ont suivi, à la lumière des recherches les plus précises de celui des botanistes actuels qui connaît le mieux l'àna-

[1] Mésarque ou mésoxylique, v. Williamson et Scott, 1895, III. Mem., p. 713.

[2] Wordsdell, W.-C., On transfusion tissue, *Journ. of the Linn. Soc.*, vol. XXXIII, p, 118, et *Transact. of the Linn. Soc.*, IIe sér., t. V, part. 8; Bernard, C., Le bois centripète dans les feuilles des Conifères, *Beihefte z. Bot. C. B.*, Bd XVII, Heft; Sprecher, Le Ginkgo biloba, *Travaux de l'Institut botanique*, *Genève,* 7e série, Xe fascicule, 1907.

tomie des Fougères et qui a contribué autant qu'un autre à nous faire connaître les Gymnospermes au point de vue anatomique.

Dans un travail récent[1] dédié à M. Scott et à ses élèves. M. Bertrand, résumant la longue série de ses travaux avec M. Cornaille, donne sur l'anatomie des frondes des Filicinées un aperçu nouveau, intelligible et logique. Abandonnant la notion de stèle, qui est obscure et qui varie d'auteur à auteur, Bertrand nous montre que les structures les plus compliquées des Fougères peuvent toutes se lire à partir des mêmes notations.

Or il est bien évident que, pour établir des homologies quand il s'agit de structures anatomiques, il faut tout d'abord établir un point de départ inéquivoque. C'est là le mérite de la notation de Bertrand et Cornaille, de constituer un progrès considérable sur la notion de stèle, qui peut comprendre des valeurs très différentes.

Dans les chaînes libéro-ligneuses des Filicinées, Bertrand et Cornaille distinguent des pièces élémentaires auxquelles ils donnent le nom de *divergeant* et qui consistent en des faisceaux qui, à partir de groupes trachéens (protoxylème) vont s'étalant en divergeant en deux ailes plus ou moins étalées à la façon d'un V ouvert ; le liber peut alors occuper seulement la face externe ou apparaître aussi du côté interne. Ces divergeants s'ajoutant latéralement, donnent naissance à des chaînes libéro-ligneuses, bi, ternaires, c'est-à-dire à deux ou trois divergeants, à plusieurs divergeants.

[1] Bertrand, E.-C. et Cornaille, F. La masse libéro-ligneuse élémentaire des Filicinées actuelles, *Travaux et Mémoires de l'Université de Lille*, 1902, tome X, mémoire n° 29.

Lorsqu'il n'y a aucune solution de continuité dans le bois des divergeants, on parle de chaînes continues; dans le cas contraire, il y a discontinuité. Ces divergeants ou faisceaux bipolaires s'ajoutent ainsi latéralement, pôle ligneux à pôle ligneux, sur une arête de rebroussement; leurs lames libériennes se placent en continuité; on peut aussi dire les divergeants s'ajoutent aile à aile.

Il y a des dialy-divergeants quand tous les divergeants sont indépendants dans leur portion ligneuse; il y a chaîne fermée quand ses extrémités sont amenées en contact. Ces chaînes fermées peuvent comprendre un ou plusieurs divergeants.

Chez toutes les Fougères vivantes, il est possible de ramener la structure des systèmes libero-ligneux aux définitions précédentes. Toujours, au moins dans les frondes, le développement du bois est centrifuge; le protoxylème de chaque divergeant est situé du côté interne. Dans les tiges de beaucoup de Fougères, par exemple *Nephodium filix mas.*, il y a une structure qui rappelle celle des racines; par une dichotomisation de la stèle radiculaire, des schizostèles diarches remplacent les structures décrites.

Or, ni l'une de ces structures ni l'autre n'apparaît chez les Cycadacées. Chez ces plantes, la tige a toujours une structure normale, c'est-à-dire qui correspond à celle des Gymnospermes, avec une couronne de faisceaux endarques; dans les feuilles, au contraire, les pièces ligneuses, en particulier dans le pétiole, ont un bois primaire centripète. Ce caractère ne leur est d'ailleurs pas particulier, on le retrouve chez les Benet-

titées et aussi chez les Cordaitées et les Médullosées (fossiles), dont il sera question plus loin. A ce faisceau strictement centripète à protoxylème externe s'adjoignent, du côté externe, mais toujours en discontinuité avec le protoxylème, quelques trachéides de métaxylème dont l'accroissement se fait plus tard par une zone génératrice. On sait (Sprecher, l. c.) que ces faisceaux sont au début strictement centripètes. Les anciens auteurs ont nommé ces plantes « diploxylées » à cause de l'existence de ces deux bois.

Or il est bien évident que si tel est le cas, et tous les botanistes sont d'accord, il ne peut y avoir aucune homologie entre le bois primaire des frondes des Fougères et celui des Cycadacées. Chacun sait l'importance que jouent en systématique comparée les questions de symétrie. La fronde des Cycadacées a une structure absolument différente de celle des Fougères, puisque constamment, chez les premières, le protoxylème est interne, tandis qu'il est externe chez les Cycadacées ; le développement du métaxylème se fait chez les premières en direction centrifuge, centripète chez les seconds.

Mais s'il en est ainsi, comment concilier avec ces faits l'affirmation de savants de la haute valeur de Williamson et de Scott et même de Wordsdell, qui tous admettent l'identité des faisceaux mésarques des *Lyginodendron* avec les faisceaux des Cycadacées, par exemple du *Stangeria paradoxa*. En effet, il suffit

[1] Williamson et Scott, *l. c.*, 1994, tab. 22 et 23, fig. 5, 6, 8, et Scott, Studies, p. 316. Scott, H., The present position of Palæozoic Botany, in *Progressus Rei botanicæ*, I. p. 192, fig. 19 et 20.

d'examiner non seulement les objets, comme nous l'avons fait, mais de lire simplement les dessins donnés par Williamson et Scott[1] et ceux qui illustrent les travaux subséquents de Scott, pour s'assurer que l'identité dont parlent ces auteurs n'est qu'apparente. On voit en effet, dans le *Stangeria paradoxa* (pédoncule), le protoxylème être situé exactement au sommet externe du faisceau primaire centripète. Au contraire, le protoxylème du faisceau de *Lyginodendron*, qui paraît central, se continue dans des éléments de métaxylème qui vont s'étageant de l'intérieur vers l'extérieur. Il y a analogie en ce sens que, dans les deux faisceaux, le protoxylème *paraît* central, le métaxylème semblant entourer le pointement trachéen. Et pour bien marquer que nous ne faisons pas dire aux auteurs ce qu'ils n'ont pas énoncé, nous citons leurs affirmations : « We regard then the structure of the vascular bundles in the stem of *Lyginodendron* as identical with that of the foliar bundles of Cycadeæ[1] ».

Oliver s'exprime également d'une manière tout aussi précise dans un article du Biolog. Centralblatt[2] : « Obschon in der äusseren Gestaltung unsere Pflanze ohne Zweifel den Habitus eines Farnes trägt, weist die anatomische Struktur des Stammes sofort Merkmale auf, die den Cycadeen eigen sind... Was ihre Struktur anbelangt sind die Stammbündel mesarch und kollateral, wie die Blattbündel der lebenden Cycadeen...

« Der Stamm von Lyginodendron zeigt also einen

[1] Williamson et Scott, Further Observations on org. of the fossil Plants, part. III, *Phil. Trans. B.*, 1895, p. 713.

[2] Oliver, Ueber die neundeckten Samen der Steinkohlenfarne, *Biolog. C. B.* XXV, 1905.

Uebergang zu den Cycadeen in dem Vorkommen dieser Bündelstruktur... »

Ce point de vue est accepté par tous les paléobotanistes anglais, et comme leur autorité en ces matières est inconstestable, nous devons, étant d'une opinion contraire, leur rendre justice en ne leur faisant dire que ce qu'ils ont voulu dire. Hâtons-nous d'ajouter que nous eussions pu nous dispenser d'examiner à nouveau toutes les préparations de *Lyginodendron* qui, dans notre Institut et chez M. C. de Candolle, étaient à notre disposition, tant est grande la conscience de ces auteurs et leur soin à reproduire par des dessins d'une scrupuleuse exactitude les structures observées. Il s'agit ainsi, non pas d'une réfutation de faits observés, mais d'une interprétation des mêmes faits en partant de points de vue différents.

Il y a donc lieu de s'étonner que tous, y compris Worsdell, qui sur plus d'un point se sépare du noyau des botanistes anglais, acquiescent à cette manière de voir. Worsdell dit en effet : « Scott, however lay great stress on his belief that the centripetal xylem as found in the pedoncule of *Stangeria*, *Bowenia*, *Ceratozamia*, is the homologous and derivative of the centripetal primary xylem occuring in the bundles of the vegetative stems of *Lyginodendron*...

In this we entirely agree[1] ».

Et pourtant, dans un superbe mémoire intitulé : La Masse libéro-ligneuse des Filicinées et dédié par Bertrand et Cornaille « à M. Scott et leurs élèves », ces

[1] Worsdell, The structure and origin of Cycadaceæ, *Ann. of Bot.*, XX, 1906, p. 130.

auteurs, dans leurs conclusions, s'expriment ainsi (l. c. 5, fig. 216) : « L'ensemble de tous ces faits nous amène donc à dire : La Mégaphyllide actuelle (c'est-à-dire Filicinée), ne nous a présenté aucun caractère cycadéen dans sa trace foliaire, quelle qu'en fût la forme. D'autre part, les Cycadacées actuelles ne nous montrent aucun des caractères de traces foliaires des Mégaphyllides. Nous n'y avons pas trouvé de divergeants, ni le faisceau bipolaire. On n'y a pas retrouvé les types d'agencement de ces pièces élémentaires. L'élément ligneux primaire scalariforme ou aréolé reste le seul caractère commun aux Cycadacées et aux Mégaphyllides. Mais ce caractère se retrouve ailleurs que chez les Mégaphyllides. Il semble donc qu'en l'état actuel de nos connaissances, *il convienne d'être encore extrêmement prudent* quant aux relations de filiation qu'on peut concevoir entre les Cycadacées et les Filicinées.

Si les organes reproducteurs des Cycadacées indiquent cette filiation, la partie de la trace foliaire qui est contenue dans leur feuille ne montre pas de transition vers celle des Fougères vivantes.

Il faut évidemment que Scott et ses élèves n'aient pas lu les considérations de Bertrand et Cornaille, ou plus probablement qu'ils aient été rebutés par la notation ajoutée aux Mémoires de ces auteurs, et qui nécessite une clef qu'ils n'auront pas pu découvrir. Ces auteurs anglais, en effet, ne font nulle part mention de la notation de Bertrand.

Quoi qu'il en soit, les faisceaux primaires situés au pourtour de la moelle des Lyginodendrons sont des divergeants du type Osmunda en ω renversé, les deux ailes

du divergeant se rabattent en arrière et finissent par se réunir par leurs pôles. C'est un cas décrit en détail par les auteurs en question et qui n'est pas rare dans les Filicinées. Dans le stipe des Filicinées, il apparaît surtout dans la famille des Osmondacées, chez les *Osmunda* et les *Todea*. Les faisceaux en fer à cheval, en U renversé du stipe des *Osmunda* avec protoxylème interne, passent à des divergeants fermés avec protoxylème inclus.

Cette analogie n'a d'ailleurs pas échappé aux savants paléontologistes anglais, mais n'ayant pas la clef pour lire ces structures filicéennes, ils n'ont vu qu'une importance secondaire à ces coïncidences. Parlant des ressemblances et des dissemblances, les auteurs ajoutent : « So that we have a certain ressemblance to the *Lyginodendron* bundle, though perhaps only an accidental one ». Plus loin, ils infirment leur constatation qu'il y a une grande ressemblance avec les Fougères du type *Osmunda* en concluant :

« This type of bundles among existing plants is limited to Cycadeæ and until now has only Been observed in their leaves, in wich it is of universal occurence ».

Cette manière de voir est celle maintenue jusqu'à présent par M. Scott.

A.-C. Seward et Miss Ford, dans leur excellent Mémoire sur l'« Anatomy of Todea », ont fait remarquer la similitude que présente le xylème primaire d'*Osmunda* et plus encore de *Todea*, avec celui de *Lyginodendron (Todea barbara* et *Todea hymenophylloïdes)*. Ils ajoutent cete réflexion très juste : « It is in the stele of this extinct member of the Cycadofilices (Lyginodendron) that we recognise what we believe

to be the type of structure most nearly allied to that of recent Osmundaceæ. »

Ces auteurs, cependant, appellent le faisceau de *Lyginodendron* « mesarch », reconnaissant ainsi implicitement la théorie Williamson et Scott.

Potonié est également entré dans cette voie en proposant l'établissement d'une classe des Cycadofilices, dans laquelle il fait entrer non seulement les *Lyginopteris* (Lyginodendron), mais aussi les Médullosées.

Et cependant, malgré tant d'avis concordants, *il nous est impossible de trouver dans l'anatomie des* LYGINODENDRON *la moindre analogie avec celle des Cycadacées.*

Notons en passant que, dans les tissus de *Lyginodendron*, manquent les canaux à gomme qu'on rencontre chez les Cycadacées ; il y a par contre, comme dans les Osmondacées, des nids scléreux dans la moelle ; les racines connues sous le nom de *Kaloxylon* ne sont pas non plus du type cycadéen ; le feuillage est complètement filicéen : il appartient au type *Sphenopteris* et est identique aux impressions connues sous le nom de *Sphenopteris Hœninghausi*.

L'identification du feuillage ne présente pas de très grandes difficultés ; il est ordinairement admirablement conservé dans les nodules où abondent les tiges et les troncs de *Lyginodendron*. Deux traces partent du tronc ; on peut les suivre jusque dans le pétiole ; des émergences caractéristiques munies de tissu glandulaire et une écorce particulière assurent que l'identification est exacte. Or, toute la structure et toute la morphologie parlent en faveur de l'idée que ce feuillage, cette grande fronde ramifiée à l'infini avec ses

petits segments en éventail sphénoptéroïde, est celui d'une Fougère (Mégaphyllide). Sur ce point, tous les auteurs sont d'accord. Ce qui ferait que si l'on admettait la théorie Williamson-Scott, les *Lyginodendron* auraient été des plantes qui auraient combiné un tronc possédant des caractères cycadéens avec un feuillage nettement filicéen. Dans cette hypothèse évolutive, les feuilles auraient gardé plus longtemps le caractère ancestral que les troncs plus évolués. Ceci cadrerait avec ce qu'on sait des Cycadacées, dont le tronc a déjà acquis la simplification générale des Gymnospermes par l'absence de bois centripète autour de la moelle, tandis que dans la feuille et dans le pédoncule *(Stangeria)*, il conserve le bois centripète, considéré comme plus ancien. Mais ce parallélisme n'existe pas, puisque nous avons démontré plus haut que les dits faisceaux mésarques périmédullaires des *Lyginodendron* sont en réalité des divergeants fermés du type *Osmunda*, et dont l'analogue n'existe pas chez les Cycadacées.

Remarquons en outre que, aux éléments primaires du protoxylème à épaississements spiralés, succèdent en direction centrifuge un métaxylème à épaississements scalariformes, tandis que les éléments du métaxylème des ailes rabattues vers le centre (xylème centripète des auteurs) sont à ponctuation aréolée, comme d'ailleurs le bois secondaire (deutéroxylème).

Dans les Cycadacées, au protoxylème à épaississements spiralés suit le métaxylème à épaississements annelés et réticulés, puis les trachéides à ponctuations aréolées (Mettenius, K. Sächs. Gesell. d. Wissenschft. VII, 573). Les éléments qui se développent en direction centrifuge sont des trachéides à ponctuations aréolées.

Par conséquent, chez les Lyginodendrons, le développement des faisceaux, si nous ne consultons que la succession des éléments tels qu'ils se suivent ordinairement : trachées spiralées, scalariformes, trachéides ponctuées, se fait bien selon la théorie du divergeant en anneau, à ailes rabattues en arrière.

Au contraire, chez les Cycadacées, le bois centrifuge n'est pas en continuité avec le protoxylème par des trachées intermédiaires, comme cela est pour le bois centripète. Par conséquent, l'anatomie confirme ce que l'inspection du développement du faisceau révélait ; les cordons du Lyginodendron ne sont pas homologues aux cordons des Cycadacées.

La conclusion est donc pour nous toute simple :

Les troncs *Lyginodendron* étaient ceux d'une Ptéridinée dont la structure primaire ressemblait excessivement à celle du tronc d'un *Todea* ou d'un *Osmunda* ; ce tronc portait des pétioles (*Rhaciopteris aspera* Will.) à structure filicéenne et un feuillage extrêmement divisé à segments adiantoïdes (*Sphenopteris Hœhninghausi*).

La structure secondaire, qui n'est pas connue chez les Ptéridinées actuelles et qui est indiquée chez quelques *Ophioglossacée* actuelles, était fort développée chez cette Péridinée fossile et probablement dans le tronc de beaucoup d'autres Ptéridinées de cette époque.

Ceci étant admis, il en résulte une conséquence intéressante. Dès les temps primaires, tous les types de Ptéridophytes avaient des représentants nombreux qui présentaient déjà une structure secondaire de leur bois, à l'instar des plantes supérieures actuelles (Gymnospermes et Dicotylédones) :

Fougères : *Lyginodendron* (Heterangium, v. plus loin).

Equisétacées : *Calamodendron.*

Sphénophyllacées : *Sphenophyllum.*

Lycopodiacées : *Lepidodendron.*

A ces Ptéridophytes à deutéroxylème se trouvaient associées des Gymnospermes de la famille des Cordaïtées, groupe de plantes éteintes depuis les temps secondaires.

De ces Cordaïtées[1], plantes constituant un groupe parallèle aux Cycadacées et aux Conifères, véritables Spermaphytes, on connaît exactement la structure anatomique du tronc, des feuilles et des châtons ; on connaît aussi, quoique imparfaitement encore, leurs semences.

Des graines analogues abondent dans le Stéphanien et le Permien ; elles sont plus rares dans le Westphalien. Une bonne partie des graines fossiles des formations paléozoïques doivent appartenir à la classe des Cordaïtées (Zeiller[2], l. c.).

« Mais l'étude de ces graines a fait reconnaître parmi elles un certain nombre de types, de valeur vraisemblablement générique, très supérieur à celui des types génériques établis sur les appareils végétatifs, des mêmes formations susceptibles d'être rapportées aux Gymnospermes. Cette disproportion peut s'expli-

[1] Renault, Structure comparée de quelques tiges de la flore carbonifère, in *Nouvelles Archives du Museum,* 2e série, II, p. 213, 1879, et Flore fossile du bassin houiller et permien d'Autun, etc., IIe partie, Paris, 1896. *Cours de botanique fossile*, I-IV. Paris, 1881-1885.

[2] Zeiller, *Eléments de paléobotanique*, 1900, p. 220.

quer de diverses manières ; il est possible d'abord que, parmi les organes végétatifs que nous observons à l'état d'empreintes, nous ne connaissions que ceux des plantes qui occupaient le voisinage immédiat des bassins de dépôt, les feuilles de celles qui vivaient à une plus grande distance, dans des stations plus élevées, ayant pu ne pas parvenir dans ces bassins, ou du moins n'y parvenir que dans un état de macération et de lacération équivalant à une destruction complète, tandis que leurs graines, plus résistantes, seraient arrivées à peu près intactes, de même que les fragments de leurs bois, dans les bassins de départ, où les eaux chargées de matières minérales ont, dans quelques cas, pénétré leurs tissus et conservé le détail de leur organisation.

Il se peut, d'autre part, que des plantes à feuilles à peu près semblables d'aspect aient porté des graines de type différent, et que nous confondions sous un même nom générique des organes végétatifs provenant de plantes génériquement différentes.

Enfin, il faut reconnaître que cette disproportion entre les types de graines et les types de feuilles disparaîtrait s'il venait à être établi que les Cycadifilicinées, les Médullosées en particulier, avec leurs frondes d'*Alethopteris*, d'*Odontopteris* ou de *Neuropteris*, étaient des Gymnospermes à frondes filicoïdes et non des Fougères. »

Ces lignes, écrites en 1900, prévoyaient donc la retentissante découverte qu'allaient faire en 1903 MM. Oliver et Scott[1]. Williamson avait décrit (Mss.) des

[1] Oliver, F.-W. et Scott, D.-H., On the structure of the Palæozoic seed Lagenostoma Lomaxi, with a statement of the evi-

semences souvent associées à des frondes de *Rhaciopteris aspera*, qui étaient enveloppées par une cupule charnue, laquelle est munie à l'extérieur de glandes stipitées du même type que celles qui sont portées par le feuillage *Sphenopteris*. Cette coïncidence amena ces auteurs à identifier les semences nommées *Lagenostoma Lomaxi* par Williamson. Nous avons eu l'occasion d'étudier, après ces auteurs et à la lumière de leurs découvertes, ces fameuses semences, à la périphérie desquelles, en effet, se trouvent les appareils glandulaires en question. Or, comme ceux-ci ne se sont trouvés jusqu'à présent que sur les appareils végétatifs des Lyginodendron, la certitude que réellement les *Lyginodendron* étaient des *Ptéridospermes*, ainsi que les a nommés Oliver, était parfaite.

(*A suivre.*)

dence upon wich it is referred to Lyginodendron, *Phil. Trans. Roy. Soc.*, vol. 197 B, p. 193, 1904, et On Lagenostoma Lomaxi, the Seed of Lyginodendron, *Proc. Roy. Soc.*, vol. 71, 1903.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

H. Dreisbach. Die Telegraphen-Messkunde. *Telegraphen- und Fernsprech-Technik in Einzeldarstellungen,* herausg. von Th. Karrass, 1 vol. in-8°, de 172 p. avec 146 fig. dans le texte et 1 pl., Braunschweig, Friedr. Vieweg u. S. 1908.

Nous avons le 3e volume d'une nouvelle série de monographies concernant la technique de la télégraphie avec fils et sans fils et des téléphones, éditée par la maison Vieweg, de Brunswick, sous les auspices de M. Th. Karrass.

Le 1er volume, intitulé *Maschinen-Telegraphen*, est dû à la plume de M. A. Kraatz, ingénieur des télégraphes ; le 2me, *Elektrische Wellentelegraphie* a pour auteur M. O. Arendt, inspecteur des télégraphes ; le 3me est celui que nous annonçons et qui est l'œuvre de M. Diesbach, ingénieur des télégraphes.

Ces trois traités écrits avec une rare compétence présentent une abondante richesse de données pratiques et un précieux enseignement pour le technicien.

CHIMIE

Analyse des travaux de chimie faits en Suisse.

St. von Kostanecki. Sur deux mono-oxy-α-naphtoflavonols (*Ber. d. D. Chem. Ges.*, t. 41. p. 783 ; Berne, laboratoire de l'Université).

L'auteur a préparé, avec l'aide de MM. Engelsohn et Wurzelman, les oxy-4′ et oxy-3′-α-naphtoflavonols. Le

premier en partant de l'anisylidène-2-acéto-α-naphtol et le second en partant du méthoxy-3-benzylidène-acéto-2-α-naphtol. L'oxy-4′-α-naphtoflavonol est en feuillets jaune pâle, F. 293°. Il teint le mordant d'alumine en jaune pâle, se dissout dans H^2SO^4 conc. en jaune faible doué d'une fluorescence vert jaune intense, sa solution dans la lessive de soude étendue est jaune avec fluorescence verte. Quant à son isomère, il est en aiguilles prismatiques jaune pâle, brillantes, F. 248°. Il teint le mordant d'alunine en jaune clair et se dissout dans H^2SO^4 conc. en jaune pâle avec fluorescence légèrement verdâtre; sa solution dans la lessive de soude étendue est jaune, elle dépose par le refroidissement le sel de sodium en aiguilles fines et jaunes; sa solution alcaline, très fortement étendue est douée d'une faible fluorescence verte.

J. Tambor. Sur l'éther diméthylique de l'iso-orcacétophénone (*Ber. d. D. Ges.*, t. 41, p. 793; Berne, laboratoire de l'Université).

En préparant l'éther diméthylique de l'orcacétophénone, on avait obtenu par hasard une substance fondant 40° plus bas. M. Comtesse a trouvé que ce composé se forme lorsqu'on ajoute une petite quantité d'acide acétique crist., en faisant réagir le chlorure d'acétyle sur l'éther diméthylique de l'orcine en présence de chlorure d'aluminium, ou si l'on fait réagir en refroidissant l'anhydride acétique et le chlorure d'aluminium sur l'éther en question. Cette substance est l'*éther diméthylique de l'iso-orcacétophénone*, elle correspond à la formule :

$$\mathrm{CH^3O}\diagup\!\bigcirc\!\diagdown\mathrm{OCH^3};\quad \mathrm{COCH^3};\quad \mathrm{CH^3}$$

Elle est en longues aiguilles blanches, F. 48°.

En utilisant ce nouveau composé, l'auteur a fait, avec l'aide de MM. Comtesse, Baranowski et Tomi, les syn-

thèses de l'oxy-3-méthyl-1-flavone, de l'oxy-3-3'-méthyl-1-flavone et de la méthyl-1-trioxy-3-3'-4'-flavone.

J. Tambor. Synthèses dans le groupe de la flavone (*Ber. d. D. Chem. Ges.*, t. 41, p. 787; Berne, laboratoire de l'Université).

Il est question dans ce mémoire des synthèses des dioxy-1-2'; 1-3'; 1-4' et trioxy-1-3'-4'-méthyl-3-flavones, qui ont été exécutées avec l'aide de MM. Aronstamm, Baranowski, Cukier et Tomi, en partant de l'éther diméthylique de l'orcacétophénone, que l'auteur a obtenue complètement pure et sous la forme de beaux cristaux.

Cet éther a été condensé en présence de sodium métallique avec les éthers méthyliques des acides méthylsalicylique, m-méthoxybenzoïque, anisique et vératrique, puis les dicétones obtenues ont été bouillies avec HJ conc. Ces dérivés ne teignent pas les mordants métalliques, à l'exception du trioxy, qui teint le mordant d'alumine en jaune verdâtre.

H. Leemann et E. Grandmougin. Contribution a la connaissance de l'hexanitro-azobenzène Sym. (*Ber. d. D. Chem. Ges.*, t. 41, p. 1295: Zurich, Polytechnicum).

L'*hexanitroazobenzène sym.* a été préparé par oxydation de l'hexanitro-hydrazobenzène sym., que l'on a obtenu lui-même en faisant réagir l'hydrate d'hydrazine sur le chlorure de picryle. Ce composé est en prismes brillants, rouge sang, F. 215-216°; il est très stable envers les acides et très instable envers les alcalis. La lessive de potasse étendue le transforme en partie en hydrazobenzène hexanitré et il se forme en même temps de l'acide picrique, du nitrite de potassium, du cyanure et d'autres produits de décomposition. Chauffé sous pression avec de l'acide chlorhydrique alcoolique, il donne un dérivé *dichloré* en aiguilles orange, F. 244-245.

L'hexanitroazobenzène donne avec les hydrocarbures

des produits d'addition ; il réagit déjà à froid avec la plupart des amines. C'est ainsi qu'avec l'aniline, par exemple, il fournit du chlorhydrate d'amino-azobenzène, de la picryl-aniline, du trinitrobenzène sym., ainsi que de la *tétranitro-hydrophénazine*.

$$\begin{array}{c} C^6H^4{<}\genfrac{}{}{0pt}{}{NH}{N}{>}C^6H^2\,(NO^2)_2\ (2.4) \\ | \\ C^6H^4{<}\genfrac{}{}{0pt}{}{N}{NH}{>}C^6H^2\,(NO^2)_2\ (2.4) \end{array}$$

Cette azine, qui prend également naissance par l'action de l'aniline sur l'hexanitro-hydrazobenzène, cristallise dans le chlorobenzène ou dans le xylène en feuillets violet bleu et brillants, F. vers 280°. Les auteurs décrivent encore les azines correspondantes, préparées avec les toluidines et avec la β-naphylamine.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

D'AOUT 1908

Le 1er, forte rosée et bise depuis 10 h. du matin.
2, très forte bise depuis 10 h. du matin,
3, forte bise jusqu'à 7 h. du soir.
4, faible rosée le matin; bise dans la journée.
5, rosée le matin; pluie depuis 5 h. 30 m. et forts orages dans la soirée.
6, forte pluie dans la nuit et jusqu'à 1 h. du soir.
7, orage et pluie à minuit.
8, pluie dans la nuit et de 7 h. 40 à 10 h. du matin.
9, rosée le matin et forte bise dans la journée.
les 10, 11, 13, 14 et 15, forte rosée le matin.
le 15, pluie depuis 4 h, 45 m. du soir.
16, pluie dans la nuit.
les 17 et 18, 19, 20 et 21, rosée le matin.
le 21, orage à 8 h. 45 m. du matin et averse.
22, orage et pluie dans la nuit; pluie à 7 h. et à 10 h. du matin et orage avec averse à 2 h. 30 m. du soir.
23, pluie dans la nuit.
les 24 et 25, rosée le matin.
le 27, très forte rosée le matin.
29, éclairs dans la soirée.
30, pluie dans la nuit et pendant la plus grande partie de la journée ; éclairs à l'ESE. à 10 h. du soir.
31, pluie dans la nuit.

GENEVE — AOUT 1908

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.											mm.	
1	30.1	29.3	29.7	29.74	+ 1.82	29.2	30.4	W. 0	N. 2	NNE. 2	NNE. 2	12.1	2	1	0	2	12.0	....	....
2	29.5	28.9	29.5	29.26	+ 1.33	28.5	30.0	NNE. 1	NNE. 3	NNE. 3	NNE. 2	**20.1**	0	0	0	0	11.9	....	....
3	31.2	30.4	31.5	**30.82**	+ **2.88**	30.4	31.6	NNE. 2	NNE. 3	NNE. 1	NNE. 2	13.2	0	0	0	0	12.4	....	....
4	32.4	30.8	29.1	30.81	+ 2.86	29.0	**32.5**	ENE. 1	NNE. 1	NNE. 0	NNE. 1	12.2	0	0	0	0	**12.8**	....	....
5	26.8	23.3	20.7	24.28	− 3.67	**20.0**	28.9	NE. 1	SSW. 1	NNW. 1	var.	5.0	5	9	10	7	8.4	**58.8**	13
6	21.6	23.2	24.2	**22.66**	− **5.30**	21.0	25.0	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	4.3	10	10	9	9	2.3	22.0	8
7	24.9	24.2	26.0	24.96	− 3.00	24.2	26.1	SW. 1	N. 1	NW. 1	var.	3.6	8	5	10	8	6.5	0.7	1
8	27.1	27.6	28.1	27.27	− 0.69	26.1	28.3	W. 0	N. 1	NNE. 1	N. 1	7.1	9	6	5	5	5.6	0.2	2
9	28.3	27.9	28.5	28.25	+ 0.28	27.6	28.7	WNW 1	NNE. 2	NNE. 1	NNE. 2	11.8	1	4	0	1	11.6	....	....
10	28.2	27.9	27.4	27.83	− 0.14	26.6	28.6	WNW. 1	N. 1	NW. 1	N. 1	4.9	0	1	0	1	11.6	....	....
11	28.1	28.2	29.6	28.31	+ 0.34	27.8	30.0	WNW. 0	SW. 1	ENE. 1	var.	5.0	0	2	10	4	11.1	....	....
12	30.8	29.5	29.5	29.88	+ 1.91	28.9	30.9	N. 1	N. 2	NNE. 2	NNE. 1	5.4	3	1	1	2	11.9	....	....
13	28.3	25.5	24.0	26.54	− 1.43	23.8	29.3	NE. 1	N. 1	S. 1	var.	4.3	3	10	5	7	5.8	....	....
14	25.4	23.8	23.4	24.14	− 3.83	22.9	25.4	SSE. 1	SSW. 1	NW. 1	SSW. 1	3.8	3	2	0	2	12.0	....	....
15	23.3	22.6	23.6	23.17	− 4.79	22.2	24.0	W. 1	NNE. 2	N. 1	NNE. 1	7.0	7	9	10	8	4.8	5.7	3
16	24.8	25.3	26.5	25.27	− 2.69	24.0	26.9	NNE. 1	NNW. 1	N. 0	NNE. 1	7.8	7	7	4	5	4.6	....	....
17	27.7	27.8	28.5	27.54	− 0.41	26.4	28.7	WSW 1	N. 1	N. 0	N. 1	4.6	3	1	0	1	11.0	....	....
18	29.2	29.0	29.4	29.08	+ 1.13	28.7	29.8	N. 1	N. 1	N. 0	N. 1	2.1	3	10	6	7	4.4	....	...
19	30.4	29.7	29.3	29.74	+ 1.80	28.8	30.5	W. 1	N. 1	N. 1	N. 1	4.3	8	3	0	3	10.4	....	...
20	29.5	27.8	27.4	28.37	+ 0.44	26.6	30.0	W. 0	N. 1	SSW. 1	var.	4.4	1	0	0	0	11.8	....	....
21	27.6	26.7	25.8	26.72	− 1.20	25.2	28.6	SE. 0	N. 0	NW. 1	N. 1	4.6	7	6	10	6	8.3	7.3	3
22	28.6	28.5	29.1	28.68	+ 0.77	28.0	29.1	SW. 1	SSW. 1	SW. 1	var.	4.5	10	8	9	9	2.8	6.1	3
23	29.2	29.3	30.4	29.41	+ 1.51	29.0	30.7	SW. 1	NNW. 1	SSW. 1	SSW. 1	5.0	5	10	6	7	5.6	....	....
24	31.5	30.4	29.9	30.53	+ 2.64	29.3	31.5	SSW. 1	SW. 1	SW. 1	SSW. 1	5.3	3	1	0	1	12.1	....	....
25	29.1	28.0	27.9	28.42	+ 0.54	27.3	29.7	SW. 1	WSW 1	SW. 0	SSW. 1	5.0	8	8	4	8	4.9	....	....
26	28.8	29.3	29.3	28.95	+ 1.08	28.2	29.6	SSW. 1	SW. 1	NNE. 0	var.	8.9	4	2	0	2	10.1	....	.. .
27	28.5	27.2	26.3	27.57	− 0.28	26.1	29.1	S. 1	WSW. 1	SSW. 1	SSW. 1	4.0	0	6	7	4	11.4	....	....
28	25.8	24.9	26.2	25.75	− 2.09	24.5	27.1	WSW. 1	SW. 1	SSW. 1	SSW. 1	9.2	8	5	1	6	5.6	....	. ..
29	27.1	26.1	26.0	26.32	− 1.50	25.1	27.1	SSW. 1	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 1	9.0	9	4	6	8	6.7	13.1	6
30	27.7	28.0	31.2	28.69	+ 0.89	27.7	31.8	SSE. 0	N. 1	WNW 1	var.	2.9	10	10	9	9	....	21.7	**14**
31	31.6	30.1	27.1	29.95	+ 2.17	27.1	31.7	SE. 1	N. 1	NW. 0	var.	3.5	5	2	1	2	10.8	....	....
Mois	28.15	27.46	27.58	27.71	+ 0.05							6.60	4.6	4.6	4.0	4.3	261.2	135.6	83

Jour du mois	Température 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Observ.	Ecart avec la normale	Min.	Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Tempér. du Rhône Midi	Ecart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+18.5	+23.4	+18.6	+19.40	+ 0.63	+14.5	+25.0	82	52	73	73	+ 5	50	97	20.6	+ 1.9	1605
2	15.2	20.9	17.9	17.50	- 1.24	13.0	21.9	67	49	58	63	- 5	45	92	....	.....	1605
3	13.4	19.9	18.2	16.85	- 1.85	11.8	22.4	64	53	57	60	- 8	37	90	19.9	+ 1.1	1625
4	15.3	23.8	19.8	19.11	+ 0.44	10.7	27.0	69	33	42	55	-13	**20**	89	20.0	+ 1.2	1610
5	16.4	26.9	16.5	19.52	+ 0.89	10.8	28.3	73	32	80	63	- 6	29	99	20.0	+ 1.2	1625
6	13.5	14.7	15.3	14.94	- 3.65	12.1	18.0	94	97	84	89	+20	67	98	19.5	+ 0.7	1670
7	13.8	18.3	16.9	15.71	- 2.84	11.5	20.2	90	62	68	75	+ 6	56	96	19.8	+ 1.0	1695
8	15.0	18.5	17.7	17.15	- 1.35	13.2	21.5	92	78	72	81	+12	60	97	19.4	+ 0.6	1670
9	15.8	21.0	17.6	18.36	- 0.09	12.5	23.8	81	56	71	67	- 2	38	91	....	.....	1625
10	14.1	20.2	18.2	17.05	- 1.35	10.3	22.5	82	59	82	75	+ 6	46	95	19.6	+ 0.7	1605
11	15.7	25.8	18.6	19.02	+ 0.67	12.0	27.6	85	42	65	69	0	30	94	19.7	+ 0.9	1575
12	13.9	18.7	14.2	15.96	- 2.33	12.0	20.1	66	39	56	54	-16	35	70	19.5	+ 0.7	1585
13	11.9	18.2	14.8	14.35	- 3.88	**7.1**	21.0	75	43	76	64	- 6	36	85	19.5	+ 0.7	1575
14	12.5	23.7	17.6	17.73	- 0.44	9.6	25.6	69	43	77	59	-11	28	82	19.5	+ 0.7	1560
15	13.9	19.3	14.9	15.94	- 2.16	12.1	20.2	85	62	92	79	+ 9	58	100	19.6	+ 0.8	1585
16	14.4	18.2	14.6	15.91	- 2.12	10.7	20.0	64	60	57	61	- 9	48	80	....	.....	1595
17	11.5	18.7	15.3	14.69	- 3.27	7.5	20.9	80	35	74	67	- 4	30	90	19.4	+ 0.6	1575
18	11.8	18.2	14.3	14.43	- 3.46	7.6	19.5	83	65	78	71	0	54	85	19.3	+ 0.5	1570
19	13.4	20.1	18.2	16.81	- 1.00	11.5	22.0	87	58	78	74	+ 3	55	87	19.5	+ 0.7	1572
20	15.5	22.6	21.3	19.62	+ 1.89	12.3	23.5	85	64	63	68	- 3	40	89	19.8	+ 1.1	1595
21	16.9	24.2	20.4	20.28	+ 2.63	14.3	26.8	80	52	72	68	- 3	49	80	19.7	+ 1.0	1622
22	16.0	22.5	16.8	17.76	+ 0.19	15.3	23.2	92	67	78	73	+ 1	64	95	19.8	+ 1.1	1625
23	15.1	21.3	15.4	17.64	+ 0.16	13.0	23.8	91	46	65	70	- 2	42	92	....	.....	1605
24	16.3	22.7	15.8	17.84	+ 0.45	12.0	24.3	67	53	81	63	- 9	38	85	18.5	- 0.1	1682
25	14.4	21.8	17.4	17.56	+ 0.26	11.0	24.4	80	54	73	71	- 1	44	96	18.7	+ 0.1	1710
26	16.7	21.8	15.8	18.59	+ 1.38	11.8	23.4	71	50	72	63	-10	45	88	17.6	- 1.0	1685
27	11.8	24.6	18.7	17.90	+ 0.79	8.5	26.6	83	45	63	67	- 6	30	97	17.5	- 1.0	1712
28	19.9	28.0	23.1	**23,31**	+ **6.30**	17.4	**28.8**	62	34	59	**53**	**-20**	34	75	17.8	- 0.7	1700
29	20.4	27.2	19.7	22.76	+ 5.85	15.6	28.6	72	44	68	64	- 9	42	97	17.5	- 0.9	1675
30	13.0	13.6	10.7	**12.85**	- **3.95**	9.0	15.5	98	95	92	**95**	**+21**	78	98	....	.....	1735
31	+ 9.7	+16.6	+12.2	+12.94	- 3.75	+ 7.6	+18.6	97	41	70	74	0	39	99	16.6	- 1.7	1782
Mois	+14.70	+21.14	+16.98	+17.40	- 0.51	**+11.56**	+ 23.23	80	54	71	69	- 2			19.17	+ 0.52	1634

MOYENNES DE GENÈVE. — AOUT 1908

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	28.02	27.90	28.00	27.90	27.36	26.84	27.05	27.64	27.59
2e »	27.45	27.55	27.72	27.58	26.93	26.46	26.70	27.25	27.20
3e »	28.74	28.61	28.69	28.78	28.04	27.36	27.63	28.32	28.27
Mois	28.09	28.04	28.15	28.11	27.46	26.90	27.14	27.76	27.71

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+14.75	+12.98	+15.10	+18.24	+20.76	+22.06	+19.96	+16.63	+17.56
2e »	12.99	11.20	13.45	17.71	20.35	21.54	18.77	15.56	16.45
3e »	15.97	14.83	15.47	19.51	22.21	21.90	18.82	16.33	18.13
Mois	+14.62	+13.06	+14.70	+18.52	+21.14	+21.84	+19.17	+16.18	+17.40

Fraction de saturation en %.

1re décade	85	91	79	65	57	49	59	76	70
2e »	75	80	78	60	51	50	63	76	67
3e »	80	85	81	67	53	55	63	77	70
Mois	80	85	80	64	54	52	61	76	69

Dans ce mois l'air a été calme 145 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{111}{51} = 2.18$.

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

		mm
Pression atmosphérique	....	27.73
Nébulosité	....	4.4
Température	$\frac{7+1+9}{3}$ ..	+17°.61
	$\frac{7+1+2\times9}{4}$ ..	+17°.45
Fraction de saturation	....	68 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér..	(1836-1875)	27.66
Nébulosité..	(1847-1875).	4.7
Hauteur de pluie..	(1826-1875).	80mm.4
Nombre de jours de pluie.	(id.).	10
Température moyenne ...	(id.).	+17°.91
Fraction de saturat.	(1849-1875)	71 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	165.1	147.0	144.3	145.1	127.5	141.0	147.6

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	152.4	135.6	131.5	134.1	147.8	157.0

Insolation à Jussy : 247h.7.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

D'AOUT 1908

Le 1er, brouillard et forte bise le matin et le soir.
5, fort vent.
6. très fort vent le matin ; bise le soir, pluie et brouillard.
7, très forte bise, pluie et brouillard.
les 8 et 9, violente bise et brouillard.
le 12, forte bise et brouillard.
15, fort vent le matin ; bise et pluie le soir.
16, très forte bise ; brouillard le matin.
20, brouillard le soir.
21, très fort vent et pluie.
22, vent violent le matin.
29, très fort vent pendant tout le jour.
30, très forte bise le matin et le soir ; violent vent à 1 h. du soir ; pluie et brouillard.
31, brouillard le matin.

GRAND SAINT-BERNARD — AOUT 1908

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max	Vent 7 h.	Vent 1 h.	Vent 9 h.	Vent Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	71.1	70.6	70.4	70.7	+ 1.8	70.0	71.3	NE. 2	NE. 1	NE. 2	NE. 2	10	4	10	8	....	....
2	69.6	69.5	70.1	69.7	+ 0.8	69.3	70.2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	1	0	0	....	....
3	70.2	70.8	71.7	70.9	+ 2.0	70.0	71.9	SW. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	0	4	0	1	....	....
4	72.0	72.2	71.6	**71.9**	+ **3.0**	70.8	**72.3**	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	1	0	0	....	....
5	69.6	66.6	64.4	66.9	− 2.0	64.0	70.0	SW. 2	SW. 2	SW. 2	SW. 2	0	5	3	3	....	....
6	63.1	62.4	64.4	**63.3**	− **5.6**	**62.0**	64.5	SW. 3	SW. 2	NE. 2	SW. 2	10	10	10	10	14.1	....
7	64.2	63.7	64.9	64.3	− 4.6	63.6	65.0	NE. 2	NE. 2	NE. 3	NE. 2	10	10	10	10	2.5	....
8	65.9	67.4	68.3	67.2	− 1.7	65.4	68.5	NE. 3	NE. 3	NE. 2	NE. 3	10	10	10	10	....	....
9	67.4	68.1	68.6	68.0	− 0.9	67.2	68.8	NE. 2	NE. 3	NE. 2	NE. 2	5	1	10	5	....	....
10	68.3	68.9	69.9	69.0	+ 0.1	68.0	70.1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	1	0	0	....	....
11	69.6	69.8	69.8	69.7	+ 0.8	69.4	70.0	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	0	1	4	2	....	....
12	69.5	68.6	67.6	68.6	− 0.3	67.4	69.6	NE. 1	NE. 2	NE 2	NE. 2	10	2	10	7	....	....
13	66.3	65.2	65.0	65.5	− 3.3	64.9	66.4	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	0	8	7	5	....	....
14	65.2	65.6	67.3	66.0	− 2.8	65.0	67.5	NE. 2	NE. 1	SW. 1	NE. 1	3	1	0	1	....	....
15	65.2	64.5	63.6	64.4	− 4.4	63.4	66.2	SW. 2	SW. 2	NE 2	SW. 2	6	10	10	9	11.4	....
16	65.4	65.1	65.7	65.4	− 3.4	65.0	65.8	NE. 3	NE. 2	NE. 2	NE. 2	10	10	10	10	....	....
17	65.8	67.2	68.2	67.1	− 1.7	65.6	68.4	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	0	1	0	0	....	....
18	68.0	69.2	69.4	68.9	+ 0.2	67.9	69.6	SW. 2	SW. 1	NE. 2	SW. 2	1	10	10	7	....	....
19	70.1	70.7	71.6	70.8	+ 2.1	70.0	71.7	SW. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	10	4	0	5	...	....
20	71.6	71.7	71.6	71.6	+ 2.9	71.4	71.8	SW. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	0	4	10	5	...	....
21	71.5	71.2	71.1	71.3	+ 2.7	71.0	71.6	SW. 2	SW. 2	SW. 2	SW. 2	3	4	6	4	**17.2**	....
22	70.4	69.9	69.9	70.1	+ 1.5	69.0	70.5	SW. 3	SW. 3	SW. 2	SW. 3	10	10	10	10	....	....
23	68.6	68.9	69.5	69.0	+ 0.4	68.3	69.8	NE 2	NE. 2	NE. 2	NE. 2	10	10	7	9	....	....
24	70.0	70.9	70.1	70.3	+ 1.8	69.9	70.2	NE. 3	NE. 2	NE. 1	NE. 2	1	0	0	0	....	....
25	70.2	70.1	69.9	70.0	+ 1.5	69.8	70.3	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW 1	9	8	10	9	....	....
26	70.0	69.1	69.4	69.5	+ 1.1	69.1	70.1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	7	8	0	5	....	....
27	69.5	69.0	69.9	69.5	+ 1.1	68.9	70.0	SW. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	0	3	0	1	....	....
28	69.5	69.5	70.1	69.7	+ 1.3	69.0	70.2	SW. 1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	5	4	3	4	....	....
29	69.9	69.4	69.0	69.4	+ 1.1	68.9	70.1	SW. 2	SW. 3	SW. 3	SW. 3	9	4	10	8	16.8	....
30	67.5	69.8	67.3	68.2	− 0.1	67.0	70.3	NE. 2	SW. 3	NE. 3	NE. 3	10	10	10	10	1.5	....
31	67.4	68.2	68.4	68.0	− 0.2	67.0	68.6	NE. 2	NE. 2	NE. 1	NE. 2	10	1	0	4	...	....
Mois	68.47	68.51	68.67	68.55	+ 0.15							5.0	5.2	5.5	5.3	63.5	....

GRAND SAINT-BERNARD — AOUT 1908

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	+ 7.2	+12.0	+ 7.6	+ 8.9	+ 2.5	+ 7.0	+12.2	94	65	100	86	58	100
2	6.5	11.8	7.6	8.6	+ 2.2	5.8	12.2	80	67	86	78	52	92
3	7.6	12.6	7.7	9.3	+ 2.9	6.0	12.7	76	65	70	70	38	81
4	6.5	12.6	7.6	8.9	+ 2.5	5.8	12.8	63	48	68	60	37	76
5	6.8	10.3	6.2	7.8	+ 1.4	6.2	11.0	62	48	62	57	28	72
6	4.0	5.0	3.3	4.1	− 2.3	2.2	6.3	100	100	100	100	68	100
7	1.5	2.3	1.6	**1.8**	− **4.6**	1.1	4.1	100	100	100	100	82	100
8	3.0	4.6	3.4	3.7	− 2.6	1.2	6.8	100	100	100	100	85	100
9	2.6	8.2	4.4	5.1	− 1.2	1.7	8.6	100	72	100	91	58	100
10	4.3	11.2	7.2	7.6	+ 1.3	2.9	11.5	76	47	90	71	30	96
11	6.6	12.0	5.5	8.0	+ 1.7	4.4	12.1	55	54	98	69	40	100
12	1.8	7.0	1.4	3.4	− 2.8	0.2	8.3	92	47	94	78	40	98
13	3.0	6.5	4.6	4.7	− 1.5	0.8	7.9	54	68	78	67	26	88
14	5.2	10.8	8.1	8.0	+ 1.8	3.0	12.8	74	29	43	**49**	**22**	82
15	4.9	6.8	4.6	5.4	− 0.7	2.8	7.1	78	74	100	84	70	100
16	3.4	4.6	1.6	3.2	− 2.9	+ 0.4	5.1	100	71	100	90	62	100
17	0.6	6.2	2.0	2.9	− 3.1	− 0.3	7.0	85	65	84	78	50	92
18	3.6	7.6	3.1	4.8	− 1.2	+ 1.2	8.1	98	40	100	79	20	100
19	4.8	9.4	6.6	6.9	+ 0.9	2.6	9.8	90	72	85	82	60	96
20	6.0	10.8	7.2	8.0	+ 2.1	5.1	12.1	90	83	100	91	50	100
21	8.4	11.8	6.8	9.0	+ 3.2	6.4	11.8	68	69	78	72	35	83
22	6.0	6.6	4.3	5.6	− 0.2	4.1	7.0	80	76	96	84	62	100
23	3.0	6.0	3.4	4.1	− 1.6	1.9	6.5	100	81	98	93	70	100
24	3.8	10.0	7.4	7.1	+ 1.4	1.8	10.3	84	62	78	75	48	89
25	6.2	8.4	6.6	7.1	+ 1.5	5.8	10.0	78	92	92	87	40	97
26	2.9	9.0	5.4	5.8	+ 0.3	2.4	9.8	87	70	77	78	55	95
27	5.2	10.8	8.6	8.2	+ 2.7	4.8	12.0	74	47	58	60	45	86
28	7.7	12.4	10.6	**10.2**	+ **4.8**	7.2	**13.1**	53	52	55	53	35	72
29	8.8	12.3	+ 9.0	10.0	+ 4.7	+ 8.1	12.7	72	57	95	75	40	98
30	3.4	3.4	− 0.6	2.1	− 3.1	− **2.1**	7.0	94	92	100	95	50	100
31	+ 2.0	+ 3.4	+ 4.6	+ 3.3	− 1.9	+ 1.3	+ 5.1	98	70	57	75	60	100
Mois	+ 4.75	+ 8.59	+ 5.40	+ 6.25	+ 0.61	+ 3.28	+ 9.48	82	67	85	78		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — AOUT 1908

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — $0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

	Pression atmosphérique : 500^{mm} +				Fraction de saturation en %			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	68.14	68.02	68.43	68.19	85	71	88	81
2e »	67.67	67.76	67.98	67.80	82	60	88	77
3e »	69.50	69.64	69.51	69.55	81	70	80	77
Mois	68.47	68.51	68.67	68.55	82	67	85	78

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	+ 5.00	+ 9.06	+ 5.66	+ 6.57	+ 6.35
2e »	3.99	8.17	4.47	5.54	5.27
3e »	5.22	8.55	6.01	6.59	6.45
Mois	+ 4.75	+ 8.59	+ 5.40	+ 6.25	+ 6.04

Dans ce mois l'air a été calme 0 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{99}{64} = 1.55$.

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
	mm	mm	mm	mm
Eau en millimètres.....	48.9	46.6	86.2	63.5
Neige en centimètres....	0^{cm}	0^{cm}	0^{cm}	1^{cm}

QUATRE-VINGT-ONZIÈME SESSION

DE LA

SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES

RÉUNIE A

GLARIS

les 31 août, 1er et 2 septembre 1908

Pour la troisième fois depuis sa fondation en 1815, *la Société helvétique des sciences naturelles* vient de tenir ses assises annuelles dans le canton de Glaris. En 1851, c'était dans le chef-lieu même ; en 1882, à Linthal, dans un des principaux centres industriels de la vallée; pour 1908, la section cantonale avait de nouveau convoqué ses sœurs des autres régions de la Suisse dans la jolie et hospitalière petite ville de Glaris, où elles ont trouvé l'accueil le plus empressé et le plus sympathique de la part d'une population laborieuse tenant en grand honneur l'étude de cette nature qui lui a été faite si belle.

Les congressistes accourus des différentes parties de la Suisse dans cette contrée alpestre ne pouvaient s'attendre à y trouver les richesses scientifiques des villes d'universités ; mais ils n'en ont que mieux goûté le charme intime d'une réunion si parfaitement reçue,

dans un cercle plus étroit, où ils se sentaient si bien entre eux.

M. l'ancien pasteur Gottfried Heer, président du Comité annuel, dont l'entrain et la cordialité pleine de bonhomie ne se sont pas démentis un seul instant pendant ces trois jours, a droit à la reconnaissance de tous, ainsi que ses dévoués collaborateurs MM. Oberholzer, vice-président, Wegmann et Laager, secrétaires.

Comme les années précédentes le premier et le troisième jour ont été consacrés aux assemblées générales, le second jour aux séances des sections.

M. le président a ouvert la 1re assemblée et la session par un discours plein de verve sur le développement des sciences naturelles dans le canton de Glaris, consacrant un souvenir ému à l'illustre Oswald Heer, une des gloires les plus pures de la science suisse. Après le rapport du Comité central et l'expédition des affaires administratives, trois conférenciers se sont fait entendre : M. NIETHAMMER, *sur les mesures de la pesanteur en Suisse* ; M. C. E. GUYE, *sur l'arc voltaïque, son mécanisme et ses applications* ; M. GREINACHER, *sur les récents progrès dans le domaine de la radioactivité.*

La 2me assemblée générale s'est tenue dans l'hôtel des bains de Stackelberg et a été remplie par trois importantes conférences de M. SCHRÖTER, *sur une excursion botanique aux Canaries* ; de M. SCHARDT, *sur la Pierre des Marmettes et la grande moraine glaciaire de Monthey* ; de M. CHODAT, *sur les fougères des temps paléozoïques.*

L'évènement saillant de cette session a été la fondation de la *Société de physique suisse* qui a été aussitôt admise comme section de la *Société helvétique.*

A côté du temps si bien rempli par les travaux scientifiques il avait été réservé une large place aux réunions familières et aux excursions dans les environs si pittoresques de Glaris, au Klönthal, à son lac charmant et aux installations de force motrice qui s'y exécutent ; à Elm, célèbre par le terrible éboulement dans lequel il avait été partiellement enseveli et dont il s'est si promptement relevé ; à la belle station alpestre de Braunwald, où les congressistes se sont séparés pour le retour dans leurs foyers.

La prochaine réunion aura lieu en 1909 à Lausanne sous la présidence de M. le prof. Blanc.

Nous allons maintenant rendre compte des travaux présentés dans les assemblées générales et les séances de sections.

Physique et Mathématiques.

Président : M. le Dr Ed. Sarasin (Genève).
Secrétaire : M. le Dr H. Zickendraht (Bâle).

Niethammer. Mesures de la pesanteur exécutées par la commission géodésique suisse. — C.-E. Guye. L'arc voltaïque, son mécanisme et ses applications. — Greinacher. Progrès récents dans le domaine de la radioactivité. — Sig. Mauderli. Sur la stabilité des mondes dans son sens strict. — P. Weiss. Chaleur spécifique et champ moléculaire. — Alb. Perrier. Hystérèse aux températures élevées. — H. Zickendraht. Sur la fluorescence de la vapeur de sodium. — Aug. Hagenbach. Le spectre de l'azote dans l'arc voltaïque sous basse pression. — Luc. de la Rive. Sur la ligne d'aimantation d'une couche sphérique. — Beglinger. Pesanteur et gravitation.

Dans la première assemblée générale, M. le Dr Th. Niethammer a fait une conférence sur *les détermina-*

tions de la pesanteur exécutées par la Commission géodésique suisse.

La Commission géodésique suisse a, durant les sept dernières années, et à la suite de travaux de même nature entrepris ailleurs, fait déterminer la grandeur de la pesanteur dans environ 60 stations situées dans le canton du Valais.

Si l'on désigne par g''_0 la valeur de la pesanteur réduite au niveau de la mer et affranchie de l'attraction des masses qui s'élèvent au-dessus de ce niveau, puis par γ la valeur théorique de la pesanteur calculée d'après la formule de M. Helmert, on trouve que g''^0 est toujours, pour le Valais, plus petit que γ. Il y a par conséquent ce que l'on appelle un *défaut de masse* au-dessous du niveau de la mer.

Si l'on reporte sur une carte les valeurs de $g''_0—\gamma$ ainsi déterminées, on peut construire des lignes de même déficit de pesanteur ; on les nomme *isogammes*, et la marche de ces isogammes est parallèle à la direction générale des chaînes de montagnes. Au sud de Martigny, ces lignes s'infléchissent au sud-ouest et cheminent parallèlement au flanc sud-oriental du massif du Mont-Blanc.

L'existence d'un défaut de masse au-dessous des montagnes, fait constaté pour d'autres chaînes dues au plissement, a conduit à une conception de la constitution de l'écorce terrestre connue sous le nom d'*hypothèse de Pratt*, et qui peut s'énoncer ainsi : Si l'on découpe en divers points de la surface de la terre des prismes verticaux de même section qui pénètrent de cette surface jusqu'à une même surface de niveau située dans l'intérieur de la terre, ces prismes ont la

même masse, qu'ils se trouvent sous la mer ou sous les continents et, dans ceux-ci, sous la plaine ou sous la montagne. Autrement dit : la pression exercée par ces prismes sur le noyau intérieur de la terre, est la même dans tous les cas.

Les résultats des déterminations de la pesanteur nous placent devant la question suivante : Le défaut de masse au-dessous du niveau des mers est-il compensé par les masses des montagnes situées au-dessus de ce niveau? Et ces résultats confirment-ils ou infirment-ils l'hypothèse de Pratt? Pour y répondre, il faudra attendre une extension plus grande du réseau des stations d'observation, avant qu'il vaille la peine de vérifier la chose par le calcul. Mais nous pouvons toujours rechercher la cause du fait, curieux en apparence, que dans nos Alpes, le maximum du défaut de masse ne concorde pas avec la plus grande altitude des masses montagneuses, mais se trouve au-dessous de la vallée du Rhône. Si nous remplaçons le prisme par un cylindre dont le diamètre soit égal à la largeur de la région des Alpes, soint environ à 150 kilomètres, ce cylindre contiendra le maximum de masse située au-dessus du niveau de la mer, s'il comprend une portion égale des Alpes bernoises et des Alpes valaisannes. Si nous le déplaçons au nord ou au sud, nous entrons dans les régions basses du continent, et la hauteur moyenne des masses y contenues diminuera. Nous aurons donc à attendre le maximum de défaut de masse, si ce cylindre est placé symétriquement par rapport aux Alpes bernoises et aux Alpes valaisannes. Le centre du cylindre tombe alors au sud de la vallée du Rhône, et les positions des deux maxima locaux trouvent des explications analogues : le premier est situé entre les

deux plus grandes altitudes des deux chaînes des Alpes : les massifs du Finsteraarhorn et du Mont-Rose ; l'autre entre le massif du Mont-Blanc, celui du Grand-Paradis et les Alpes valaisannes.

Si les résultats des calculs ultérieurs prouvaient que l'on ne peut expliquer que la *position* du défaut de masse et non pas sa *grandeur*, on aurait affaire à un défaut de masse qui ne serait pas entièrement compensé. Mais nous pourrions alors admettre que l'hypothèse de Pratt se justifiait au temps du plissement intense des montagnes; il en résulterait que le maximum du défaut de masse indiquerait une région de plissement relativement très accusé.

Il n'est en effet point improbable d'admettre que la croûte terrestre a pris, avec le temps, une rigidité telle que des masses assez considérables aient pu être transportées, soit par l'érosion, soit par toute autre cause, sans qu'il y ait eu compensation de pression, en dessous, par le transport de masses souterraines. Il est intéressant, à cet égard, de constater que le maximum du défaut de masse concorde avec une importante ligne géotectonique, et que la rapide diminution de ce défaut de masse du côté de la crête qui sert de frontière italo-suisse, entre le Mont-Rose et le Grand-St-Bernard; correspond à une région d'affaissement géologique. Un autre fait parle peut-être aussi en faveur de la non complète compensation du défaut de masse et de la différence de pression dans l'intérieur, c'est la fréquence relative des tremblements de terre dans le Valais.

Les déterminations de la pesanteur faites dans *neuf stations dans l'intérieur du tunnel du Simplon* ont

montré que, dans la moitié nord du tunnel, la pesanteur diminue graduellement jusqu'au minimum, situé vers le milieu du tunnel. Tandis que, pour la moitié sud, la diminution de la pesanteur est d'abord rapide et passe ensuite lentement au minimum. La diminution de la pesanteur marche ainsi parallèlement au profil de la montagne suivant l'axe du tunnel, qui est à peu de chose près perpendiculaire à la chaîne de la montagne. L'effet des hautes élévations du massif du Monte Leone sur la pesanteur est ainsi moins accusé que celui de la chaîne moins élevée mais plus longue qui, à partir de la chaine du Simplon, relie le Wasenhorn, le Furggenbaumhorn, le Bortelhorn, le Hillehorn, etc.

Si l'on réduit au niveau de la mer les valeurs de la pesanteur obtenues pour les stations du tunnel, en calculant l'attraction des masses situées au-dessus et audessous du niveau du tunnel, on obtient une valeur du défaut de masse qui est de 6.10^{-3} cm. plus grande que celle qui résulte de l'interpolation au moyen des valeurs des stations situées en dehors du tunnel. Comme cette différence ne peut être attribuée que pour une part de son montant à des erreurs systématiques dans le calcul de l'attraction, il faut chercher d'autres explications.

Celle de ces explications qui paraît la plus plausible est que la valeur admise pour la densité moyenne de la terre dans le calcul de l'attraction est inexact. On obtiendrait la meilleure concordance entre la valeur de $g''_0 - \gamma$ pour les stations situées à l'intérieur du tunnel et pour celles de l'extérieur, en prenant, pour la densité moyenne de la terre, la valeur 5,47[1]; la valeur généralement admise est 5.52.

[1] Chiffre provisoire.

Les valeurs de la pesanteur déterminées à l'intérieur et en dehors du tunnel, permettent de calculer l'erreur de clôture du *polygone de nivellement* exécuté de Brigue à Iselle par dessus le col du Simplon et retour par le tunnel. Ce calcul, exécuté par M. le Dr Hilfiker, ingénieur du Service topographique fédéral, donne les résultats suivants : L'erreur *observée* pour la clôture du nivellement est de $+4^{mm}$; la valeur de l'erreur de clôture *orthométrique*, d'après la variation de la pesanteur suivant la latitude, est de -11^{mm} ; les valeurs observées de la pesanteur fournissent pour l'erreur de clôture la valeur -14^{mm}, que l'on aurait dû obtenir au lieu de $+4^{mm}$ pour un nivellement sans erreur. Il en résulte que l'erreur de clôture calculée d'après les valeurs observées de la pesanteur, diffère d'une quantité *négative* de la valeur orthométrique. Ce résultat est inattendu ; la diminution du défaut de masse dans la direction du nord au sud, aurait dû produire une augmentation de l'erreur orthométrique de clôture. Il semble probable que cette augmentation est compensée par le fait que la route du Simplon passe, entre Al-Gabi et Iselle, dans une gorge profondément encaissée, ce qui fait que la valeur de la pesanteur est relativement plus faible, à la même hauteur, sur le versant sud que sur le versant nord de la montagne.

M. le prof. Ch.-Eug. Guye (Genève) a fait à la même assemblée générale une conférence sur ce sujet : *Un puissant auxiliaire de la science et de l'industrie : l'arc voltaïque ; son mécanisme et ses applications.*

Après avoir rappelé les circonstances qui ont amené

la découverte de l'arc voltaïque par Sir Humphrey Davy, M. Guye a montré comment cette découverte a pris peu à peu une importance de plus en plus grande au point de vue scientifique et industriel. Il a résumé d'abord au moyen de courbes et de graphiques les principales conditions de fonctionnement de l'arc, tel qu'on l'étudie dans les laboratoires. Puis il a insisté sur les nouvelles théories de l'arc qui ont été récemment mises en avant par J.-J. Thomson et J. Stark. L'arc ne serait qu'un cas particulier de la décharge électrique dans les gaz et l'ensemble des phénomènes observés trouve une explication satisfaisante en ayant recours à ces hypothèses de dissociation atomique de ionisation, toujours plus employées actuellement dans l'explication des phénomènes physiques.

La seconde partie de la conférence a été employée à passer en revue les principales applications de l'arc, en insistant sur les progrès les plus récents et l'importance relative de ces diverses applications. Notons principalement les arcs à flamme pour l'éclairage, l'arc au mercure et son emploi à la production des rayons ultra-violets et au redressement des courants alternatifs. Après avoir comparé au point de vue de leur importance relative les applications de l'arc à l'électrométallurgie de l'aluminium et de l'acier et à la fabrication du carbure de calcium, M. Guye a rappelé les services que l'on attend de l'arc pour résoudre le problème fondamental de la fixation de l'azote atmosphérique. Enfin il a insisté tout particulièrement sur les applications récentes de l'arc chantant et l'état actuel de la téléphonie sans fil qui vient compléter les états de service déjà très nombreux et très importants de l'arc voltaïque.

M. Greinacher (Zurich) a fait également à la première assemblée générale la conférence que nous avons déjà mentionnée plus haut *sur les récents progrès dans le domaine de la radioactivité.* En l'absence de notes fournies par l'auteur, il nous est impossible de donner ici un résumé d'une communication qui est elle-même un résumé général du sujet.

Le texte complet de cette conférence paraîtra d'ailleurs dans les *Acta de la Soeiété helvétique*, ainsi que celui des deux précédentes.

M. le prof. S. Mauderli (Soleure) a exposé à la section de physique ses *Recherches sur la stabilité dans son sens strict.*

La notion de la stabilité est capitale pour la solution du problème cosmique concernant la formation des mondes et leur développement. Laplace, le premier, y a fait appel pour sa célèbre démonstration de l'invariabilité des axes de rotation des astres et de la durée de leur révolution. Lagrange et Poisson vinrent ensuite ; tous conclurent à la stabilité du système solaire. Cette croyance à la stabilité et à l'invariabilité de la constitution de notre système solaire est si absolue et si générale, que l'étonnement serait grand au sein de notre humanité, si un mathématicien ou un astronome arrivait un jour à démontrer que les orbites qui actuellement sont des ellipses, se transforment graduellement en paraboles, en hyperboles, ou même en spirales, cette transformation étant absolument compatible avec les principes de la mécanique céleste. Or Charlier dit déjà, dans l'introduction à sa mécanique céleste, que

le système des trois corps doit être considéré comme instable. M. Mauderli arrive à la même conclusion, et cela en se basant sur les équations différentielles :

$$\frac{d^2x}{dt^2} = - k^2 (1 + m) \frac{x}{r^3} - \frac{\lambda R^2 \pi}{m} \left(\frac{ds}{dt}\right)^\nu \cos\alpha,$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = - k^2 (1 + m) \frac{y}{r^3} - \frac{\lambda R^2 \pi}{m} \left(\frac{ds}{dt}\right)^\nu \cos\beta,$$

$$\frac{d^2z}{dt^2} = - k^2 (1 + m) \frac{z}{r^3} - \frac{\lambda R^2 \pi}{m} \left(\frac{ds}{dt}\right)^\nu \cos\gamma,$$

dans lesquelles α, β et γ sont les angles que la direction suivie par la planète fait avec les directions positives des axes des coordonnées. Sans pouvoir donner encore les conclusions de ses recherches, l'auteur peut avancer dès à présent que chaque corps céleste qui se meut dans un milieu résistant, et obéit par conséquent aux trois équations différentielles ci-dessus, tend vers le Soleil en suivant une courbe spirale, et doit en définitive tomber sur l'astre central.

L'hypothèse d'un milieu résistant découle d'une part des idées énoncées par Seeliger à la dernière réunion internationale des astronomes à Jéna, concernant les termes empiriques de la théorie des planètes Mercure, Vénus, la Terre et Mars, d'autre part du raccourcissement, non expliqué encore, de la période de la comète d'Encke. L'intervention de forces non newtoniennes conduit donc à la négative pour la notion de la stabilité.

En terminant, l'auteur envisage encore, à côté de la résistance du milieu, d'autres forces qui entrent nécessairement en jeu dans le vaste problème de la stabilité des mondes, et qu'il a commencé à étudier.

M. Pierre Weiss, professeur à l'Ecole polytechnique de Zurich, rappelle d'abord que l'hypothèse du *champ moléculaire* permet d'étendre la théorie cinétique du paramagnétisme de Langevin aux phénomènes ferromagnétiques. Examinant cette théorie au point de vue de l'énergie mise en jeu, il montre que l'énergie mutuelle d'aimants élémentaires disposés suivant les nœuds d'un réseau cubique et orientés parallèlement est négative. Il faut donc fournir de l'énergie pour désaimanter. Il en résulte que la chaleur spécifique vraie des substances ferromagnétiques contient un terme que l'on peut déduire directement des expériences magnétiques. Ce terme tombe brusquement à zéro à la température de disparition du ferromagnétisme. C'est là l'origine de l'anomalie de la chaleur spécifique de ces substances, connue depuis les travaux d'Osmond, de Robert Austen et de Pionchon. Mais les expériences anciennes ne donnent pas avec certitude la valeur numérique de la discontinuité. Cette étude a été reprise par M. Paul N. Beck en collaboration avec l'auteur[1] et a fourni une concordance très satisfaisante tant de la grandeur de cette discontinuité, déterminée magnétiquement et calorimétriquement, que de la température à laquelle elle se manifeste.

L'hypothèse du champ moléculaire semble encore appelée à rendre des services dans l'explication des phénomènes si complexes et si mystérieux de l'effet de la traction et de la torsion sur l'aimantation. Toutes les molécules contenues dans la sphère d'action de l'une d'elles ne contribuent pas nécessairement au champ

[1] *Archives des Sc. phys. et nat.*, 1908, t. XXV, p. 529.

moléculaire avec des termes de même signe. Les expériences de M. Maurain, sur l'aimantation des dépôts électrolytiques minces, montrent que dans le nickel les molécules placées dans le prolongement de l'aimant élémentaire considéré produisent un champ moléculaire positif, tandis que les aimants élémentaires placés latéralement dans la sphère d'action ont un effet négatif. Pour le fer, au contraire toutes les molécules contenues dans la sphère d'action agissent dans le même sens.

On peut en conclure qu'une traction exercée sur un fil aimanté doit provoquer, dans le cas du nickel, une direction de facile aimantation perpendiculaire à l'axe du fil et dans le cas du fer une direction de facile aimantation parallèle à cet axe. On se rend compte qu'une torsion superposée à la traction doit diminuer l'aimantation du fer et augmenter celle du nickel, comme cela arrive en effet.

M. Walter Ritz[1] a montré que l'on peut construire de toutes pièces un mécanisme donnant la loi de Balmer du spectre de l'hydrogène et d'une manière plus générale la loi des séries spectrales, au moyen de bâtonnets magnétiques et non magnétiques, juxtaposés en ligne droite. Dans le champ magnétique ainsi réalisé à l'extrémité d'un des bâtonnets non magnétiques on fait vibrer un électron. En faisant varier le nombre des bâtonnets on obtient toutes les raies d'une série. Or le champ magnétique correspondant à une raie spectrale déterminée se calcule : il est en nombres ronds dix fois

[1] *Physikal. Zeitschr*, 1908, t. XI, p. 527, et *Annalen d. Phys.*, 1908. t. XXV, , p. 660.

supérieur au champ moléculaire, c'est-à-dire du même ordre de grandeur.

Il est probable que ces champs magnétiques atomiques de Ritz ont la même origine que le champ moléculaire. Mais tandis que l'électron, réactif subtil, explore les champs atomiques jusque dans leurs moindres accidents, la molécule, plus grossière, n'éprouve qu'un effet de moyenne résultant de l'agitation thermique.

M. Albert PERRIER (Zurich). *Recherches sur l'hystérèse aux températures élevées.*

L'auteur a étudié l'hystérèse tournante, l'hystérèse alternative et l'aimantation avec un hystérésimètre à lecture directe construit spécialement dans ce but et permettant la mesure pour tout l'intervalle compris entre la température ordinaire et le point de disparition du ferromagnétisme du fer.

L'observation des variations thermiques proprement dites est considérablement entravée par l'*irréversibilité thermique et le vieillissement*, phénomènes continuellement superposés au phénomène principal.

L'irréversibilité est aussi bien une propriété du nickel et de la magnétite que du fer doux quoique différente de l'un et de l'autre quant à son ordre de grandeur. Comme exemple le plus typique, le nickel a montré à 18° une hystérèse (énergie par cycle) trois fois plus petite après un chauffage vers 850°. Il est cependant possible de déterminer les conditions de recuits et de refroidissements subséquents telles qu'on puisse revenir à volonté à des états définis.

Quant au *vieillissement*, ou augmentation spontanée

et graduelle de l'hystérèse sans autre influence que celle du temps, il s'est révélé tout aussi général et en outre il n'est pas possible pour le fer d'en éliminer systématiquement les effets en cherchant à accélérer le phénomènes par des influences extérieures thermiques ou magnétiques.

La loi de variation du maximum d'hystérèse tournante du fer de Suède a pu être relevée : elle est représentée par une courbe dont les ordonnées diminuent régulièrement avec l'augmentation de la température sauf dans la région environnant 500°. Cette même région d'irrégularité se trouve dans une courbe de vitesse de refroidissement obtenue par Robert Austen avec du fer doux.

M. le Dr H. ZICKENDRAHT (Bâle). *Sur la fluorescence de la vapeur de sodium.*

On connaît les intéressantes recherches de Wood[1] sur la fluorescence de la vapeur de sodium. M. Zickendraht s'est efforcé de les étendre à la détermination du moment précis où apparaît la fluorescence et au passage du courant à travers la vapeur. Sauf quelques points de détail, le dispositif de l'expérience était le même que celui de Wood. L'apparition de la fluorescence a été déterminée au moyen d'un élément thermoélectrique et fixée entre 280° et 300°. Le commencement de la fluorescence verte est signalé électriquement par un minimum de la tension initiale nécessaire pour donner passage au courant à travers la vapeur.

[1] *Physikal Zeitschr.*, t. IV, p. 701; t. V, p. 751; VI, p. 438 et 903; VII, p. 105, 475 et 873; VIII, p. 124, et IX, p. 450.

Ce minimum se déplace lorsqu'on recule la température de l'apparition de la fluorescence par une cause quelconque, ainsi par la modification du gaz dans lequel se produit le phénomène, azote, acide carbonique ou hydrogène. L'acide carbonique se combine au sodium, avec production d'oxalate de sodium faisant disparaître la vapeur et avec elle la fluorescence.

L'auteur reconnut en outre que dans ces expériences, ce n'est pas la vapeur de sodium seule qui entre en jeu, mais le système de la vapeur de sodium et du gaz enveloppant, comme du reste Wood l'avait déjà reconnu.

M. Zickendraht a en outre établi les courbes donnant la représentation graphique du phénomène :

a) Courbe *tension-intensité* sous différentes pressions. Pour des pressions croissantes, les courbes deviennent plus tendues et se rapprochent de lignes droites.

b) *Tension-pression* pour différentes températures. Avec des pressions croissantes, les courbes tombent en affectant une forme hyperbolique. Pour de hautes pressions, il suffit d'une tension relativement faible pour faire passer à travers le gaz un courant d'intensité croissante.

c) *Tension-température* pour différentes pressions. Ces courbes montrent un minimum caractéristique à environ 280°, moment d'apparition de la fluorescence.

M. le prof. Aug. Hagenbach (Bâle), parle *du spectre à bandes de l'azote donné par l'arc voltaïque dans l'air à basse pression*. Si l'on fait jaillir l'arc voltaïque entre électrodes métalliques (fer, cuivre, laiton, argent) dans

un vase clos rempli d'air dont on a réduit graduellement la pression, il change peu à peu d'aspect. A une pression de 10 cm., il se montre plus stable et plus large ; à 1 cm. il devient tout à fait stationnaire et très large. Même avec un intervalle de plusieurs centimètres entre les électrodes, il brûle longtemps sans s'éteindre. Mais pour cela, la tension doit être assez forte ; elle était dans les expériences de 220 v.

On distingue nettement trois parties dans l'arc. La partie voisine du pôle négatif présente le plus grand éclat, avec la couleur ordinaire de l'arc à la pression atmosphérique. Au pôle positif, l'arc présente plusieurs jets avec points de départ rouge violet. L'électrode positive s'échauffe fortement et devient rouge sur une certaine longueur, s'enveloppant alors d'une gaîne de couleur rouge violet aussi. Le milieu de l'arc est formé par un faisceau d'un faible éclat lumineux, dont la couleur varie suivant le métal constituant les électrodes.

L'étude spectrale (avec prisme de verre) de l'arc ainsi obtenu a montré que le pôle négatif donne le spectre du métal, le pôle positif le spectre à bandes de l'azote, la partie médiane ces deux spectres superposés. L'intensité du spectre de l'azote varie avec les différents métaux, elle est la plus forte avec le cuivre. Le spectre à bandes se compose des premier et second groupes de Deslandres. Le premier de ces groupes dans le rouge jaune et le vert se voit à l'œil, le second dans le bleu et le violet s'observe par la photographie. Le troisième groupe, dans l'ultra-violet, se produit très probablement aussi, mais ne peut s'observer

qu'avec le spectroscope à prisme de quartz. Les bandes « négatives » de l'azote ne sont pas apparues.

Si on compare l'intensité relative des différentes bandes, on ne la trouve pas répartie comme dans les spectres fournis par les tubes de Geissler, mais on a une apparence analogue à celle que MM. Hagenbach et Konen (*Phys. Zschr 4*, p. 227, 1903) ont observée au pôle positif de l'étincelle obtenue avec un faible intervalle des électrodes, sans capacité ni self-induction ; ainsi, dans les triplets, les deux premières lignes sont fortes, la troisième faible.

L'augmentation de la pression, ainsi que celle de l'intensité du courant, prolonge le faisceau négatif à spectre métallique. Lorsque celui-ci s'étend jusqu'à l'électrode positive, le spectre de l'azote semble disparaître.

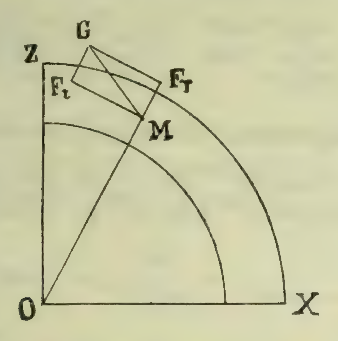
Avec la diminution de la pression et l'accroissement de la tension, la décharge par arc se rapproche de l'étincelle simple.

M. L. de la Rive (Genève). *Lignes d'aimantation d'une couche sphérique.*

Comme on le sait, le magnétisme induit par un champ extérieur uniforme F dans une couche sphérique comprise entre les deux sphères de rayons a et a', a' étant plus petit que a, est équivalent à celui de deux couches de déplacement sur les sphères a et a', la première de même signe que F, supposé positif, et la seconde de signe contraire.

Dans la couche, l'aimantation est variable de direction et d'intensité et il y a intérêt à connaître les lignes

d'aimantation qui, à ma connaissance, n'avaient pas été déterminées avant le présent travail.



Soit M un point de la couche, dans le plan OZX passant par OZ qui est la direction du champ F ; la ligne d'aimantation est comprise dans ce plan puisque la résultante magnétique l'est elle-même. Nous déterminons la direction de la résultante magnétique MG qui fait avec la normale au cercle OM, l'angle u ; on a :

$$\operatorname{tang} u = \frac{Ft}{Fr} = \frac{F - \varphi + \varphi' \frac{a'^3}{r^3}}{F - \varphi - 2\varphi' \frac{a'^3}{r^3}} \times \operatorname{tang} \theta$$

θ est l'angle de OM avec OZ, φ et φ' sont la valeur absolue des champs intérieurs des deux couches de déplacement a et a' ; r est la distance OM. Cette expression se met sous la forme :

$$\operatorname{tang} u = \frac{r^3 - m a'^3}{r^3 - 2 m a'^3}$$

$$m = \frac{2\mu + 1}{\mu - 1},$$ μ étant la perméabilité.

La ligne d'aimantation est définie par la direction MG à laquelle elle est tangente en un point quelconque.

Il en résulte que son équation différentielle en coordonnées polaires est :

$$\frac{dr}{rd\theta} = -\frac{1}{\text{tang } u} \quad \text{d'où : } \frac{dr}{r}\left[\frac{r^3 + \quad m a'^3}{r^3 \times 2 m a'^3}\right] = \frac{d\theta}{\text{tang } \theta}$$

Pour l'intégrer nous la mettons sous la forme :

$$\frac{dr}{2r}\left(\frac{-2r^3 - 2ma'^3}{r^3 - 2ma'^3}\right) = \frac{d\theta}{\text{tang } \theta} \text{ ou } \frac{dr}{2r}\left(\frac{r^3 - 2ma'^3 - 3r^3}{r^3 - 2ma'^3}\right) \text{ ou}$$

$$\frac{dr}{2r} - \frac{3r^2}{2(r^3 - 2ma'^3)} = \frac{d\theta}{\text{tang } \theta}$$ qui s'intègre en donnant

$$\log r^{1/2} - \log (r^3 - 2ma'^3)^{1/2} = \frac{\log \sin \theta}{c}$$

qui se met sous la forme

$$\sin \theta = c\left(\frac{r}{r^3 - 2ma'^3}\right)^{1/2}$$

c est une constante d'intégration. On la détermine au moyen de la valeur θ_0 correspondant au point de la ligne d'aimantation sur le cercle a', et l'on a :

$$\sin \theta = \sin \theta_0 \left[\frac{1 - 2m}{1 - 2m\frac{a'^3}{r^3}}\right]^{1/2} \frac{a'}{r}$$

La courbe d'aimantation ne dépend que de m et de a' et non de a. On peut donc superposer les couches de rayons allant en croissant, sans que les lignes d'aimantation des couches sous-jacentes soient modifiées. La valeur de $1 - 2m$ est très petite si μ est un nombre voisin de 100.

$$2m = 1 - \frac{3}{2\mu + 1}, \text{ et si } \mu = 100, \frac{3}{2\mu + 1} = 0{,}014$$

Il en résulte que si le rapport $\frac{a'}{r}$ n'est pas très voi-

sin de l'unité, la valeur de sin θ est très petite par rapport à sin θ_0, et que les lignes d'aimantation sont près d'être tangentielles par rapport aux cercles des couches successives.

M. J. BEGLINGER (Wetzikon) fait un exposé très intéressant de ses vues *sur la pesanteur et la gravitation*. Sa communication ne se prête pas à une analyse abrégée.

Météorologie.

Président : M. le Dr Julius MAURER, directeur du Bureau météorologique central suisse à Zurich.
Secrétaire : M. OERTLI, forestier de l'arrondissement de Glaris.

Dr Julius Maurer. Nouvelle carte de la répartition des pluies en Suisse. — F.-A. Forel. Les relations qui relient les variations périodiques de grandeur des glaciers avec certains faits météorologiques. — Raoul Gautier. Série des observations météorologiques du Grand Saint-Bernard. — A. de Quervain. Les courants atmosphériques correspondant à notre bise dans les couches supérieures, d'après des mesures aérologiques.

M. le Dr Julius MAURER présente sa *nouvelle carte de la répartition des pluies en Suisse*. Cette carte repose sur les moyennes des hauteurs d'eau recueillies pendant quarante années, dans l'ensemble des stations pluviométriques suisses (400 environ en tout). Ces données ont été reportées sur la carte générale de la Suisse au 1 :250,000. La répartition des précipitations est bien représentée pour toutes les régions basses de notre pays.

M. Maurer expose d'abord quelle était la disposition primitive des stations d'observation, il indique ensuite

le développement du réseau et la méthode qui a été suivie pour le tracé des « isohyètes ». Après avoir fait ressortir les particularités spéciales de la carte, et signalé en particulier les régions de minimum et de maximum de chutes d'eau, M. Maurer mentionne quelques faits spéciaux intéressants, tels que la relation entre les hauteurs de pluie et les particularités topographiques ou les vents locaux (fœhn). Malheureusement, cette nouvelle carte laisse subsister encore un certain nombre de lacunes dans les régions des glaciers. Il y a cependant lieu d'espérer que, grâce aux installations qui ont été faites ces derniers temps, on pourra, dans un certain nombre d'années, combler la plupart de ces lacunes.

M. F.-A. Forel expose *les relations qui relient les variations périodiques de grandeur des glaciers avec certains faits météorologiques :* les chutes de neige qui alimentent le névé, les chaleurs estivales qui détruisent la langue du glacier en liquéfiant la glace. Vu l'ignorance où nous sommes de la durée du voyage du glacier, il n'est pas possible de rapporter d'une manière précise les variations pluviométriques observées en plaine ou à la montagne aux variations d'alimentation, qui ont été, dans le passé, l'une des causes des crues du glacier constatées annuellement. En revanche, l'action destructive de la chaleur étant actuelle, par son lieu d'action, on doit pouvoir reconnaître, dans la longueur relative du glacier, l'effet d'étés trop chauds ou trop froids.

M. Forel utilise la superbe série d'observations météorologiques de Genève, série continue et uniforme

depuis 80 ans. Il constate que les pluies annuelles subissent à Genève une variation cyclique irrégulière, de longue périodicité, analogue par ses allures à celles qu'il faut attribuer aux variations d'épaisseur du névé, si celles-ci sont l'une des causes des variations de longueur du glacier.

Quant aux variations de la température des mois d'été que l'on a observées à Genève, et qu'il est permis d'étendre aux régions alpines voisines, elles correspondent d'une manière frappante, dans la seconde moitié du XIX[e] siècle, à celles des glaciers. Tandis que ceux-ci ont subi une décrue générale depuis 1855 à nos jours, décrue interrompue par une petite crue partielle chez quelques glaciers seulement (une centaine sur les deux mille glaciers des Alpes), entre 1880 et 1890, les moyennes thermiques estivales de Genève montrent un excès général de chaleur depuis 1858 à nos jours, interrompu de 1880 à 1885 par un léger déficit de chaleur. Il semblerait que les faits thermiques ont été décisifs sur la longueur des glaciers pendant les cinquante dernières années.

Cette coïncidence est-elle accidentelle ? Est-elle normale ? Ce qui paraît plausible. Les observations ultérieures en décideront.

M. Raoul Gautier, très intéressé par l'étude que M. le professeur F.-A. Forel a publiée sur les « variations périodiques des glaciers des Alpes suisses » en utilisant la série des observations météorologiques de l'Observatoire de Genève, a cherché, par la même méthode, comment se comportaient les faits glaciaires en présence de la *série des observations météorologi-*

ques du Grand-Saint-Bernard. Depuis un certain nombre d'années, l'Observatoire de Genève est occupé à étudier l'ensemble des observations météorologiques faites au Saint-Bernard depuis 1817, et publiées chaque mois dans les *Archives.* Cette série n'est pas aussi homogène que celle de Genève, mais en procédant avec quelque précaution et en éliminant, au point de vue des précipitations, quelques années suspectes entre 1835 et 1842, il est possible d'établir des courbes qui représentent les chutes d'eau au Saint-Bernard de 1826 à l'époque actuelle.

Pour les températures de l'été, la comparaison est facile et la série semble homogène. En comparant la courbe des températures estivales et celle des chutes d'eau aux variations qu'a révélées l'étude des glaciers, on est immédiatement frappé du fait que, depuis 1856, les quantités d'eau tombées (sous forme de neige surtout) sont inférieures à ce qu'elles étaient auparavant ; il n'y a d'exception que pour la période de 1880 à 1890, où il y a un léger excédent par rapport à la moyenne. Quant aux températures de l'été au Grand-Saint-Bernard, elles présentent à peu près les mêmes fluctuations qu'à Genève : il y a en tout cas un déficit de température de 1840 à 1860, puis un excès de chaleur de 1865 à 1883, suivi d'un déficit, et actuellement d'un nouvel excédent.

Ces faits correspondent aux fluctuations modernes de décrue et de crue des glaciers, ainsi qu'aux principales constatations que l'on peut faire sur la station de Genève, elles apportent donc, pour une station de montagne tout au moins, une confirmation aux idées si intéressantes exposées par M. Forel.

M. A. de Quervain. *Les courants atmosphériques correspondant à notre bise dans les couches supérieures, d'après des mesures aérologiques.*

M. de Quervain a fait un grand nombre de déterminations de la direction des courants atmosphériques, par des jours clairs, au moyen de sa méthode de visée, sur des ballons-pilotes lancés à Zurich, au Bureau météorologique central, dans les années 1907 et 1908 (environ 100 lancers). Ce sont les vents du nord-est des régions de notre pays situées au nord des Alpes qui présentent un intérêt particulier ; en effet, les courants supérieurs qui les accompagnent n'avaient pu être étudiés, jusqu'ici, faute de nuages élevés. Les mesures exécutées jusqu'ici, dans une quarantaine de cas, permettent de distinguer les quatre types suivants, qui sont en relation avec certains types d'isobares :

1° Aucun changement de direction appréciable jusqu'aux plus grandes altitudes (maximum : 14,000 m.).

2° Un brusque changement de direction du NE au NW à une hauteur de 2 à 3 kilomètres, changement qui est certainement en relation avec la hauteur moyenne de la chaîne des Alpes. Ou bien un changement graduel de direction du NE au NW à une altitude plus élevée.

3° Un changement brusque de direction du NE au WNW ou à l'W, à 5 ou 6 kilomètres d'élévation.

4° Un faible courant du NE, d'une épaisseur de quelques centaines de mètres à peine, passe à un vent du S ou du SW ; mais ce faible courant peut précisément, dans ce cas-là, déterminer le caractère du temps à la surface de la terre, en particulier la température superficielle, par exemple quand il y a des invasions de froid venant de l'E.

M. de Quervain expose, en corrélation avec ces faits, un exemple typique de superposition d'un courant du S à un courant froid du NW dans la partie arrière d'une dépression. Il fait ressortir l'intérêt que présentent les visées de ballons pilotes au point de vue scientifique, spécialement pour la prévision du temps. Depuis 1907, le Bureau météorologique central a, dans son budget, un poste spécial pour des études de cette nature.

Chimie

(Séance de la Société suisse de Chimie).

Présidents: **M. le prof. H. Rupe (Bâle).**
M. le prof. E. Schær (Strasbourg).
Secrétaire: **M. le prof. F. Fichter (Bâle).**

E. Schaer et W. Mielck, Sur la résine de Gala-gala. — E. Schaer et P. Gœrner. L'emploi des dérivés aromatiques nitrés comme réactifs des alcaloïdes. — L. Pelet. Les combinaisons d'adsorption. — A. Werner. Sels iodopentamminocobaltiques. — F. Reverdin, E. Delétra et A. de Luc. Sur quelques dérivés des acides p-monométhyl- et diméthylaminobenzoïques. — F. Fichter. Expérience de cours sur la formation des p-dialcoyl-dioxyquinones. — G. Baume et F.-L. Perrot. Sur la densité absolue de quelques gaz.— G. Baume. Sur le poids moléculaire des gaz. — J. Schmidlin. Sur le triphénylméthyle. — A. Grün. Sels complexes des alcools polyatomiques. — E. Briner et E. Mettler. Recherches complémentaires sur la formation de l'ammoniac par décharges électriques. — E. Briner et E. Durand. Recherches sur l'action chimique des décharges électriques aux basses températures. — A. Wroczynski et E. Briner. Sur un exemple de pile et d'électrolyse dans l'ammoniac liquide. — H. Rupe et Kessler. Sur les semicarbazide-semicarbazones.

M. le prof. E. Schær (Strasbourg). *Sur la résine de Gala-gala.* — Cette résine, encore peu connue en

Europe, est récoltée à Java et y sert aux mêmes usages que la gomme-laque des Indes. Comme cette dernière, elle est produite par la piqûre de certains insectes, qui, dans le cas particulier, appartiennent aux genres Anona, Durio et Nephelium. Son étude, entreprise à l'Institut pharmaceutique de Strasbourg par M. W. Mielck, a établi les points suivants :

1° Le Gala-gala, comme la laque des Indes, contient environ 5 °/₀ d'une *cire*, de laquelle on a pu extraire les alcools céricique et myricique libres, ainsi que les éthers de ces alcools avec les acides cérotique et mélissique ; l'acide oléique, en revanche, fait défaut.

2° La partie principale du Gala-gala (environ 80 °/₀) se dissout dans l'alcool, ainsi que cela a lieu pour la laque des Indes. Le résidu se laisse séparer par l'éther en deux parties : la partie insoluble donne par hydrolyse de l'acide aleuritinique, $C_{13}H_{26}O_4$, et un alcool dont la formule n'a pu être fixée (résinotannol de Tschirch) ; la partie soluble dans l'éther l'est facilement aussi dans le carbonate de soude et fournit par oxydation l'acide azélaïque.

3° Le Gala-gala renferme une petite quantité d'une matière colorante cristallisée, soluble dans l'éther, qui est probablement identique à l'érythrolaccine de Fahrner, et un second colorant à l'état de sel, soluble dans l'eau, et qui semble être identique au colorant soluble retiré par Fahrner de la laque des Indes, ainsi qu'à l'acide laccaïque, $C_{16}H_{12}O_8$, extrait par R.-E. Schmidt du Lac-Dye.

Une autre résine originaire de Sumatra, et connue sous le nom d'*Ambalau*, paraît être identique au Gala-Gala.

M. Schaer. *De l'emploi des dérivés aromatiques nitrés comme réactifs des alcaloïdes.* — L'étude de l'action de l'acide picrique sur les alcaloïdes a été faite, il y a plusieurs années, par M. P. Zenetti, à l'Institut pharmaceutique de Strasbourg. Elle vient d'être complétée par M. P. Gœrner, qui l'a étendue à d'autres composés voisins de l'acide picrique, tels que les dérivés nitrés du phénol, des crésols, de la résorcine, de la phloroglucine, du thymol, des naphtols et de la diphénylamine. Le but de ces nouvelles recherches était d'établir jusqu'à quel point ces dérivés peuvent remplacer l'acide picrique, non seulement comme agents de précipitation des alcaloïdes en général, mais aussi comme réactifs spéciaux de certains d'entre eux. Du très grand nombre d'expériences qui ont été faites, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Beaucoup d'homologues supérieurs de l'acide picrique, et beaucoup de dérivés nitrés analogues, sont d'excellents agents de précipitation des alcaloïdes, sans cependant surpasser sous ce rapport l'acide picrique lui-même.

2° En général, le pouvoir de précipitation augmente avec le nombre des groupes nitrogène ; on ne peut, en revanche, constater aucune influence du nombre des hydroxyles chez les trinitrophénols renfermant 2 ou 3 groupes OH.

3° Dans divers cas, les précipités obtenus prennent un aspect cristallin caractéristique qui, ainsi que dans la formation des picrates, peut être utilisé avec avantage pour identifier certains alcaloïdes, tels que la cocaïne, l'hordéine, l'hydrastine, la nicotine, la conicine (avec l'acide dinitro-anthrachrysone-disulfonique),

la strychnine (avec le dinitrocrésol), etc. Certains dérivés nitrés se comportent sous ce rapport comme l'acide picrolonique (dérivé nitré de l'antipyrine), qui a été préconisé récemment comme réactif des alcaloïdes par Knorr et Matthes.

M. le prof. L. Pelet (Lausanne). *Les combinaisons d'adsorption.* — Cette communication porte sur le produit formé par la silice et la base du bleu de méthylène ; ce produit ne peut en aucun cas être considéré comme un composé chimique défini.

M. le prof. A. Werner (Zurich). *Sels iodopentamminocobaltiques.* — Sand et Bökmann, en faisant agir l'iode sur les sels nitrosopentamminocobaltiques, ont obtenu une série de sels complexes, de couleur verte, auxquels ils attribuent une constitution très compliquée. L'analyse de quelques-uns de ces sels leur avait donné des résultats qui concordaient assez bien avec la composition des sels iodopentamminocobaltiques, jusqu'alors inconnus, mais leur couleur verte semblait empêcher qu'on les considérât comme tels ; on sait, en effet, que les sels chloropentamminocobaltiques sont rouge-pourpre, et les sels bromopentamminocobaltiques bleu-violet.

L'étude plus approfondie de ces corps a montré que les produits analysés par Sand étaient impurs et qu'ils renfermaient, en particulier, une certaine quantité de xanthosel. On a réussi à les purifier en les précipitant à l'état de bichromate insoluble, que l'on décompose ensuite par le chlorure d'ammonium en excès. Il se forme alors le chlorure, qui est tout d'abord également

insoluble, mais que l'on dissout par un traitement subséquent à l'eau pure.

La preuve que, malgré leur couleur, ces composés constituent bien les sels iodopentamminocobaltiques, a été donnée par leur conversion en sels de la série aquo, qui est connue, ainsi que par leur préparation par déshydratation de l'iodure aquopentamminocobaltique. Cette dernière opération a pu être exécutée avec un rendement de 98 %.

M. Frédéric REVERDIN (Genève). *Sur quelques dérivés des acides p-monométhyl- et diméthylaminobenzoïques.* — L'auteur donne un résumé des recherches qu'il a faites sur la nitration de l'acide p-diméthylaminobenzoïque, ainsi que, avec la collaboration de MM. E. DELÉTRA et A. DE LUC, sur celle de son éther méthylique [1].

Il résulte de ces recherches que, lorsqu'on nitre l'acide p-diméthylaminobenzoïque selon diverses méthodes, il se forme, comme produit principal, un *dérivé mononitré*, en même temps que des *dérivés nitrés de la mono- et de la diméthylaniline,* tandis que la nitration de l'éther donne lieu à la formation presque quantitative de *l'éther mononitré.*

Si l'on cherche à nitrer davantage l'acide mononitré, il y a élimination d'un des groupes méthyle liés à l'azote et aussi élimination simultanée de ce groupe et du carboxyle. Il se forme donc de l'*acide mononitro-monométhylamino-benzoïque,* ainsi que des *dérivés nitrés de la mono- et de la diméthylaniline.*

[1] Voir : *Archives des Sc. phys. et nat.* **21.** 617 ; **23.** 458 ; **24.** 248 ; **25.** 133.

La nitration de l'éther mononitré est, en revanche, très nette, mais elle est accompagnée de l'élimination d'un des groupes méthyle liés à l'azote, et on obtient, suivant les conditions, l'éther de l'*acide dinitro-3-5-monométhylnitrosamino-4-benzoïque* ou *celui du dérivé nitraminé* correspondant.

La constitution de ces composés a été déterminée en les transformant en *acide dinitro-3-5-oxy-4-benzoïque* déjà connu.

On ne peut donc introduire, en une seule opération ou en plusieurs, deux groupes *nitro*, ni dans l'acide diméthylamino-benzoïque, ni dans son éther méthylique et, comme on pouvait du reste le prévoir, la fixation du groupe méthyle au carboxyle confère à ce groupe une grande stabilité.

En étudiant récemment les propriétés de l'éther méthylique de l'acide dinitro-3-5-méthylnitramino-4-benzoïque, l'auteur a constaté une réduction curieuse du groupe *nitramino*.

Lorsqu'on dissout l'éther en question dans 3 à 4 parties d'acide sulfurique concentré, on remarque que la solution, incolore au début, se colore assez rapidement en jaune-brun, et, lorsqu'après avoir chauffé cette solution à une température modérée, vers 50 ou 60°, on la coule sur la glace, il y a dégagement gazeux ; le produit de la réaction, précipité par l'eau, renferme une quantité notable de *dérivé nitrosaminé correspondant* et, en outre, de l'*acide dinitro-3-5-méthylaminobenzoïque*. Il y a donc eu, sous l'influence de l'acide sulfurique, réduction du groupe *nitramino* en groupe *nitrosamino*, ce qui, à première vue, peut paraître extraordinaire.

La formation de l'acide dinitromonométhylaminé permet peut-être d'expliquer cette réaction de la manière suivante : il y aurait, en premier lieu, départ du groupe *nitro*, qui formerait de l'acide nitrique ou de l'acide nitrosulfurique, lesquels oxyderaient le groupe méthyle du carboxyle ; il en résulterait la formation d'acide nitreux ou de sulfate de nitrosyle, qui réagiraient sur une partie de l'éther méthylique non encore saponifié, pour le nitroser. L'acide dinitromonométhylaminé est facilement nitrosé en solution sulfurique par le nitrite de soude, en donnant un dérivé cristallisé en jolies aiguilles jaunes de F. 175°, et il doit en être de même de l'éther.

L'action de l'acide sulfurique concentré sur les nitramines a déjà été l'objet de recherches, faites en particulier par Franchimont et par van Romburgh, ainsi que par d'autres auteurs, mais la formation d'une nitrosamine dans les cas examinés n'a pas encore été signalée, à la connaissance de l'auteur du moins ; les nitramines étudiées ne renfermaient pas, du reste, les mêmes groupements que celle qu'il a préparée lui-même.

L'auteur se propose d'étudier cette réaction avec d'autres nitramines et il en a déjà fait un examen préliminaire avec une substance qui renferme également le groupe méthyle, soit avec la *trinitro-monométhyl-nitraniline* de Mertens, dont la constitution à été établie par van Romburgh.

Il a constaté, en premier lieu, que cette substance, traitée à une température modérée par l'acide sulfurique concentré, fournit, par élimination du groupe *nitro* fixé à l'azote, de la *trinitromonométhylaniline* et, en

second lieu, que le produit de la réaction renferme un composé qui donne la réaction de Liebermann, mais qu'il n'a pas encore isolé à l'état pur.

Du reste, en abandonnant la solution sulfurique de la nitramine qui ne donne pas, au début, la réaction avec le phénol, on constate que la coloration apparait au bout d'un certain temps, tandis qu'un témoin reste incolore, ce qui exclut la possibilité d'une coloration due aux vapeurs du laboratoire.

M. le prof. F. Fichter (Bâle). *Expérience de cours sur la formation des p-dialcoyl-dioxyquinones.* — Dans un flacon d'Erlenmeyer en verre d'Iena, d'une contenance d'un demi-litre environ, on introduit 80-100 cc. de toluène pur et 4 gr. de sodium en fil aussi fin que possible. On chauffe au bain-marie, puis on ajoute un mélange de 14,6 gr. d'éther oxalique et de 13 gr. d'éther isovalérianique. La réaction a lieu immédiatement ; on la laisse s'effectuer vivement, de telle sorte que le toluène entre en ébullition. Lorsque le sodium a disparu et que le liquide est devenu brun-rouge, on le refroidit, on l'agite avec son volume d'eau et on sépare la couche aqueuse au moyen d'un entonnoir à robinet. En l'acidifiant ensuite par l'acide sulfurique, on obtient un précipité rouge de la *di-isopropyl-dioxyquinone*

$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}>CH - CH<\begin{matrix}CO - CO\\CO - CO\end{matrix}>CH - CH<\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}$$

dont la formation à partir de substances appartenant exclusivement à la série grasse se trouve ainsi démontrée dans l'espace d'une dizaine de minutes.

M. G. Baume (Genève). *Sur la densité absolue de quelques gaz* (avec la collaboration de M. F.-L. Perrot) — Les auteurs ont continué les recherches entreprises depuis quelques années à Genève sur ce sujet[1]. Comme précédemment, la méthode employée a été celle dite *du ballon*, en apportant aux mesures les corrections jugées nécessaires au cours des travaux modernes.

Le gaz, purifié par liquéfaction et distillations fractionnées, remplit à la fois trois ballons de volumes différents (317 cm^3,59, 527 cm^3,66, 817 cm^3,63) à la température de 0° et à une pression voisine de 760 mm, indiquée par un baromètre-manomètre.

Les auteurs rappellent que la pesée des ballons vides a été remplacée par leur pesée avec une petite quantité de gaz sous faible pression (1 à 2 mm), mesurée exactement au moyen d'un vacuummètre sensible à $^1/_{50}$ de millimètre ; une correction très simple permet d'en déduire le poids du ballon vide. La méthode est plus rapide ainsi, sans être moins exacte.

Les auteurs ont étudié *l'acide sulfhydrique* (en vue de la détermination du poids atomique du soufre), l'*éthane* (intéressant en raison de sa pression critique relativement basse), et le *méthane*, que sa faible densité et sa propriété de dissoudre l'air très facilement à l'état liquide rendent particulièrement délicat à étudier. (Cette solubilité est beaucoup moindre dans le méthane solide ; il en résulte un phénomène de *rochage*, facile à observer à l'aide des manomètres dont est muni l'appareil, entièrement construit en verre

[1] Cf. Ph. A. Guye, *Journal Ch. Phys.* V. 203 (1907), G. Baume, ibid. VI. 1 (1908).

soudé). Les auteurs ont également entrepris des mesures sur *l'acide bromhydrique* ; mais les difficultés qui accompagnent son étude ne leur permettent pas de donner actuellement un chiffre définitif pour ce gaz.

Le tableau suivant contient les résultats obtenus, ainsi que les densités antérieurement admises, et le nombre de mesures que les auteurs ont effectuées pour chacun des gaz étudiés :

Gaz	Poids du litre normal — ancien	Poids du litre normal — nouveau	Nombre de mesures
H_2S	1.5388 (Leduc)	1.5392	18
C_2H_6	1.3421 (Kolbe)	1.3567	12
CH_4	0.7171 (Moissan et Chavanne)	0.7168	10
HBr	3.6163 (Löwig)	3.630 (provisoire)	3

Les auteurs se proposent d'appliquer ces résultats à la détermination exacte du poids moléculaire des gaz ; toutefois ils signalent dès maintenant le résultat que donne la *méthode de réduction des éléments critiques* avec l'acide sulfhydrique, car le poids atomique du soufre que l'on en déduit concorde de façon très satisfaisante avec le nombre récemment indiqué par Richards (32.075 au lieu de 32.070).

M. Baume. *Sur le poids moléculaire des gaz.* — D'après l'équitation de van der Waals, rapportée au volume-unité, les volumes des divers gaz qui contiennent le même nombre de molécules à 0° et sous la pression de 760 mm., sont entre eux comme les nombres :

$$\frac{1}{(1+a)(1-b)}, \quad \frac{1}{(1+a')(1-b')}, \quad \text{etc.}$$

Ces rapports, multipliés par le poids du litre normal L du gaz considéré, donneront son poids moléculaire M, à un facteur constant près, K (K est la constante des gaz parfaits) :

$$M = \frac{KL}{(1 + a)(1 - b)} \; \ldots\ldots \; (I)$$

Or les résultats fournis par cette relation diffèrent sensiblement de ceux que l'on obtient à l'aide des méthodes gravimétriques les plus perfectionnées.

Après avoir rappelé les diverses solutions très intéressantes qui ont été proposées pour réduire cet écart (Ph.-A. Guye, D. Berthelot), l'auteur propose, conformément aux hypothèses cinétiques (qui ne donnent l'équation de van der Waals que comme première approximation), de mettre la relation précédente sous la forme :

$$M = \frac{KL}{(1 + a)(1 - b)(1 + c)} \; \ldots\ldots \; (II)$$

où c est une fonction du rapport $\frac{b}{v}$, par conséquent *une fonction des chocs*, ce qui permet de conserver aux paramètres a et b leurs dimensions habituelles.

L'auteur propose de représenter, tout au moins provisoirement, la fonction c par l'équation :

$$c = 0.4218 \frac{p}{p_e} \left[\left(\frac{T_e}{T} \right)^{10/3} - \left(\frac{T_c}{T} \right)^2 + 0.130 \frac{T_c}{T} \right]$$

Cette relation convient particulièrement au cas des gaz difficilement liquéfiables, ainsi que le montre le tableau suivant :

Gaz	L	Poids moléculaire gravimétrique	van der Waals	formule II
O_2	1.4290	32	31.980	32
H_2	0.08987	2.0160	2.0149	2.0151
N_2	1.2507	28.020	27.998	28.021
CO	1.2503	28.002	27.990	28.004
Ar	1.7802	39.866	39.850	39.865
NO	1.3402	30.010	29,981	30.007
CH_4	0.7168	16.034	16.027	16.036

L'auteur propose de désigner cette méthode sous le nom de *méthode du facteur complémentaire*, en raison de sa forme même. La connaissance de ce *facteur complémentaire* (1 + c) permet de résoudre un certain nombre de problèmes relatifs à la compressibilité et à la dilatation des fluides ; son étude complète fera l'objet d'un prochain mémoire détaillé.

M. J. Schmidlin (Zürich). *Sur le triphénylméthyle.* Les détails de cette communication seront publiés ultérieurement.

M. Ad. Grün (Zürich). *Sels complexes des alcools polyatomiques.* — Les alcools polyatomiques ont une tendance à se combiner aux oxydes et aux sels métalliques, en donnant naissance à des composés complexes ; ceux-ci sont analogues aux hydrates, et en dérivent théoriquement par substitution d'un glycol 1,2 à deux molécules d'eau. Ainsi le glycol éthylénique, le glycol propylénique, l'α-monochlorhydrine, l'éther monométhylique α de la glycérine, sont capables de remplacer l'eau dans les hydrates des sels métalliques. Chaque hydroxyle vient saturer une des valences de coordination de l'atome métallique ; le maximum de

la combinaison est donc atteint par l'addition de 3 molécules de glycol, ce qui concorde parfaitement avec la manière dont se comportent les dérivés diaminés 1,2 et les disulfures 1,2 dans la formation des sels complexes.

Tous ces composés complexes ont une structure cyclique, car par l'addition des chaînes –N–C–C–N–, –S–C–C–S– et –O–C–C–O– à un atome métallique central, il y a formation de noyaux pentagonaux ; ces composés sont, par suite, plus stables que les hydrates complexes et les métalammoniaques de constitution analogue.

Les plus stables de ces composés sont ceux de la glycérine, pour lesquels l'auteur propose le nom de *glycérinates ;* ils résistent relativement bien à l'action de l'eau. Par leur structure, ils appartiennent à la classe des composés complexes du glycol, car il n'y a que deux hydroxyles voisins de chaque molécule de glycérine qui mettent en action des valences supplémentaires. Autrement dit, au point de vue coordinatif, la glycérine est bivalente ; trois molécules, au maximum, entrent en combinaison avec une molécule d'un sel.

La glycérine s'unit aussi aux hydrates alcalino-terreux, en donnant des composés complexes du même type ; on peut regarder ceux-ci comme les représentants les plus simples de la classe des saccharates. La méthode de titrage de l'acide borique en présence de glycérine ne repose point sur la formation d'un acide glycéroborique, mais bien sur celle d'un glycérinate.

M. E. Briner (Genève). *Recherches complémentaires*

sur la formation de l'ammoniac par décharges électriques (avec la collaboration de M. E. Mettler). — La méthode suivie, basée sur l'élimination de l'ammoniac par l'emploi des basses températures, est la même, à quelques détails près, que celle qui a été décrite dans la réunion de St-Gall en 1906. L'action de l'étincelle sur le mélange $N_2 + 3H_2$ a conduit aux constatations suivantes : En faisant varier 1° l'intensité primaire : le rendement passe par un maximum pour une certaine intensité ; 2° la pression de 0 à 4 atm. : le rendement atteint un maximum fortement accusé aux pressions voisines de 100 mm. de mercure ; 3° la distance explosive de 0,4 à 12 mm. : on retrouve ce maximum pour toutes les distances à peu près à la même pression ; d'autre part, le rendement est d'autant meilleur que la distance est plus petite. Pour la distance de 0,4 mm. et à la pression optima, le rendement s'est élevé à 0,31 gr. d'ammoniac par kilowatt-heure. Avec électrodes de platine le rendement est légèrement plus élevé qu'avec électrodes de cuivre ou de nickel. Un excès d'hydrogène ne modifie pas le rendement, alors qu'un excès d'azote amène une diminution notable. En utilisant des décharges sous forme d'arc et d'effluve, les rendements obtenus sont voisins de ceux observés avec l'étincelle.

A la suite de ces recherches, on peut formuler quelques remarques concernant en général les synthèses opérées par les décharges électriques et plus particulièrement la formation de l'ammoniac. Il est impossible d'isoler tel ou tel élément du problème, car tous les facteurs agissants, électriques ou chimiques, se tiennent les uns les autres. Par suite, dans ce genre de recher-

ches, on ne doit pas se laisser guider uniquement par les lois de la mécanique chimique.

En fait, la formation de l'ammoniac à partir de ses éléments sous l'action des décharges électriques se présente avec des caractères particuliers. Si l'on remarque que les décharges engendrent des températures très élevées et que, d'autre part, l'ammoniac est entièrement décomposé vers 1100°, il faut conclure que, par ce moyen, on obtient l'ammoniac à l'aide de températures supérieures à celle où ce corps est totalement détruit. On peut expliquer sa formation d'une façon purement thermique, en admettant que les températures élevées, réalisées par les décharges, ont pour effet de dissocier les molécules N_2 et H_2 en leurs atomes ; la formation de l'ammoniac aurait alors lieu dans les régions plus froides, où ce corps est encore stable, à partir des atomes N et H, parvenus dans ces régions par diffusion.

On comprendrait ainsi le rôle prépondérant que joue la rapidité d'élimination de l'ammoniac plutôt que la nature de la décharge elle-même. Il est permis d'étendre cette conception de l'action des décharges aux autres synthèses effectuées par le même moyen et de leur attribuer une origine cinétique analogue.

M. Briner. *Recherches sur l'action chimique des décharges électriques aux basses températures* (avec la collaboration de M. E. Durand). — 1° *Action de l'étincelle sur les mélanges d'azote et d'hydrocarbure.* Pour éliminer par condensation l'acide cyanhydrique des régions où il serait détruit, il suffit d'immerger le tube laboratoire dans le mélange neige carbonique-éther

(température −78 °). Dans ces mélanges l'étincelle provoque simultanément la décomposition de l'hydrocarbure en carbone et hydrogène, et la formation d'acide cyanhydrique, d'ammoniac et d'hydrocarbures supérieurs. Voici les rendements dans deux cas :

Rendements en kilowatt-heure

Mélanges	NH_3	CNH
$^1/_3\ C_2H_6 + {}^2/_3\ N_2$	0.15 gr.	0.03 gr.
$^1/_3\ C_2H_2 + {}^2/_3\ N_2$	0.04 gr.	0.19 gr.

Avec les hydrocarbures saturés, la formation de l'ammoniac prédomine sur celle de l'acide cyanhydrique, à cause de la grande quantité d'hydrogène mise en liberté ; avec les hydrocarbures non saturés, l'inverse se produit.

2° *Action de l'effluve sur l'oxygène.* A la température ordinaire, les concentrations en ozone sont faibles à cause de l'instabilité de ce corps, et l'on arrive rapidement à une concentration limite. A −78 °, la concentration limite est plus élevée ; elle atteint 11 °/₀. Mais à −190°, l'ozone, n'ayant pas de tension de vapeur, est soustrait très rapidement aux influences destructrices, et l'on peut transformer intégralement l'oxygène en ozone. A cette température l'augmentation du rendement est énorme ; les auteurs ont obtenu jusqu'à 55 gr. d'ozone par kilowatt-heure. Ce procédé est à recommander pour les laboratoires qui disposent d'air liquide ; il a l'avantage de fournir l'ozone à des concentrations élevées.

3° *Action de l'effluve sur le chlore.* Certains expérimentateurs ont trouvé que le chlore, soumis à l'action de l'effluve, acquiert des propriétés plus énergiques et ont attribué celles-ci à la formation d'un polymère.

Les auteurs ont soumis, dans un de leur appareils, du chlore, purifié par distillations fractionnées et absolument sec, à l'action de l'effluve. Pour augmenter encore la sensibilité de la méthode, ils ont opéré à −35 °, qui est la température d'ébullition du chlore ; à cette température, le polymère, possédant un point d'ébullition plus élevé que le chlore, devrait se condenser et occasionner une diminution de pression notable. Or, dans aucun cas on n'a observé de variations de pression. L'effluve est donc sans action sur le chlore et l'activité spéciale en question doit sans doute être attribuée à la présence d'impuretés (oxygène ou humidité) et au fait qu'il a pu se former, sous l'action de l'effluve, des oxydes de chlore qui, en se décomposant, mettent en liberté du chlore naissant.

4° *Action de l'effluve sur les hydrocarbures et leurs mélanges avec l'azote.* On trouve qu'il se forme surtout des hydrocarbures supérieurs dont l'étude est encore à faire.

M. A. Wroczynski (Genève). *Sur un exemple de pile et d'électrolyse dans l'ammoniac liquide* (avec la collaboration de M. E. Briner). — On sait que certains gaz liquéfiés donnent avec les sels inorganiques des solutions aussi bonnes conductrices de l'électricité que les solutions aqueuses. Les auteurs ont entrepris une série de recherches concernant les électrolyses et les piles dans les gaz liquéfiés, que l'emploi des basses températures permet maintenant d'obtenir à l'état pur et sec. Comme le prouvent les mesures des différences de potentiel aux bornes et l'analyse des produits formés, l'électrolyse d'une solution de nitrate d'argent

dans l'ammoniac liquide, effectuée à $-70°$, a lieu selon le processus suivant : Au début, il se produit seulement une électrolyse du sel avec dépôt d'argent sur la cathode et décharge sur l'anode des ions NO_3 qui réagissent sur l'ammoniac en donnant de l'eau et de l'azote. Grâce à cette eau, une partie du courant se porte ensuite sur l'électrolyse des solutions aqueuses d'ammoniac avec mise en liberté d'hydrogène à la cathode et d'oxygène à l'anode ; ce dernier réagit à son tour sur l'ammoniac pour donner de l'eau et de l'azote. La force électromotrice de la pile reversible :

$$Pb \mid Pb(NO_3)_2 - (AgNO_3)_2 \mid Ag_2$$

en solution dans NH_3 liquide

a été mesurée dans l'intervalle de température de $-70°$ à $-26°$. A $-70°$ la force électromotrice a la valeur $e=0,52$ volt ; elle diminue par l'élévation de température ; le coefficient de température est : $\frac{de}{dT} = 0,0011$. La tonalité thermique de la réaction peut se calculer en mettant ces valeurs dans la formule de Gibbs-Helmholtz :

$$e = \frac{q}{23\,n} + T\,\frac{de}{dT}$$

qui fournit pour q la valeur : $q = 34,2$ Cal.

En solution aqueuse la même pile a conduit aux valeurs

$$e = 0,98 \text{ volt}, \frac{de}{dT} = -0,00063, \text{ et } q = 50,7 \text{ Cal.}$$

La différence des forces électromotrices, qui constituent, comme on sait, une mesure exacte de l'af-

finité mise en jeu, prouve que le mécanisme du processus électrochimique n'est pas le même dans les deux cas.

M. le prof. H. Rupe (Bâle). *Sur les semicarbazide-semicarbazones.* — Ces corps, qui prennent naissance par l'action de 2 molécules de semicarbazide sur les cétones non saturées $\alpha\beta$, ont déjà été l'objet de diverses communications de l'auteur et de ses collaborateurs, MM. Schlochoff et Hinterlach. De nouvelles recherches de M. Kessler montrent qu'ils ne se forment qu'en solution acide. Lorsqu'on traite la semicarbazide-semicarbazone de l'oxyde de mésityle par l'acide nitreux, on obtient le *mononitroso-monosemicarbazide* de la formule I ; (le second reste de semicarbazide se sépare sous la forme d'azide carbonique, NH_2-CO-N_3). Ce dérivé nitrosé, mis en présence de semicarbazide, fournit la *nitroso-semicarbazide-semicarbazone* II ; les alcalis le décomposent en oxyde de mésityle, anhydride carbonique, ammoniaque et acide azothydrique.

$$\begin{array}{ll} \begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\!> & C-CH_2-CO-CH_3 \\ & | \\ & N-NO \\ & | \\ & NH \\ & | \\ & CO \\ & | \\ & NH_2 \end{array}$$

I.

$$\begin{array}{lllll} \begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\!> & C & -CH_2- & C & -CH_3 \\ & | & & \| & \\ & N-NO & & N & \\ & | & & | & \\ & NH & & NH & \\ & | & & | & \\ & CO & & CO & \\ & | & & | & \\ & NH_2 & & NH_2 & \end{array}$$

II.

$$\begin{array}{ll} \begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\!> & C-CH_2-CO-CH_3 \\ & | \\ & NH-NH-CO-NH_2 \end{array}$$

III.

$$\begin{array}{lllll} \begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\!> & C & -CH= & C & -CH_3 \\ & | & & | & \\ & NH & \text{———} & N & -CO-NH_2 \end{array}$$

IV.

Agitée en solution chlorhydrique froide avec de l'aldéhyde benzoïque, la semicarbazide-semicarbazone de l'oxyde de mésityle perd une molécule de semicarbazide sous la forme de benzalsemicarbazone ; la solution renferme alors le chlorhydrate de la *semicarbazide de l'oxyde de mésityle* (III), qui n'a pu être isolée, vu son instabilité, mais qui, en solution neutre, se transforme lentement en un corps qui a déjà été préparé d'autre manière par Harries, ainsi que par MM. Rupe et Schlochoff, et qui possède sans aucun doute la formule IV.

(A suivre.)

SUR LES

PROPRIÉTÉS MAGNÉTIQUES

DE LA

MAGNÉTITE CRISTALLISÉE

PAR

Victor QUITTNER

Introduction

L'on connaît déjà depuis les temps les plus reculés le magnétisme naturel de la pierre à aimant ou magnétite (Fe_3O_4). Ce terme de magnétisme dérive en effet du nom de ce minéral.

Cependant, bien que l'on connût la pierre à aimant depuis si longtemps, l'on ne savait jusqu'à ces derniers temps pas grand chose sur les propriétés de ce minéral sinon qu'il est ferromagnétique. Les quelques recherches plus anciennes, effectuées sur des cristaux de magnétite, n'avaient trait qu'à la mesure de l'intensité de son aimantation naturelle et à la détermination de sa direction.

Il va de soi, si l'on se place au point de vue de nos conceptions actuelles sur la nature du magnétisme, qu'en suivant cette voie, l'on ne pouvait arriver à aucun résultat utilisable ; car il s'agit en effet d'un phénomène d'hystérésis absolument secondaire qui

dépend de l'histoire du minéral et en particulier des champs magnétiques auxquels il a été exposé en dernier lieu.

Il n'est possible d'obtenir, pour des cristaux magnétiques, des résultats compréhensibles et comparables, qu'en leur adaptant les méthodes que l'on applique aujourd'hui avec un plein succès aux substances isotropes. Pour les substances isotropes, l'intensité d'aimantation a toujours la même direction que le champ, et comme toutes les directions se comportent identiquement, il suffit de faire agir sur la substance un champ magnétique de direction quelconque et de déterminer l'intensité de l'aimantation correspondant à chacune de ses valeurs. Il est vrai qu'il faut compter avec les différents phénomènes secondaires, l'hystérésis, la viscosité (Nachwirkung), l'influence d'un changement brusque dans le champ, etc., qui influencent considérablement le caractère du phénomène.

Pour les substances anisotropes, il faut, outre la grandeur du champ et celle de l'aimantation, considérer aussi leurs directions, qui, en général, seront différentes pour ces deux quantités. A la place d'une fonction d'une variable, il y aura par conséquent une fonction vectorielle, ou un système de trois fonctions de trois variables, si l'on représente le champ et l'aimantation par leurs composantes.

Comme les phénomènes secondaires (hystérésis, viscosité, etc.) se compliquent de la même manière, il est facile de se rendre compte que l'examen complet des propriétés magnétiques d'un cristal constitue un problème extrêmement complexe.

Les choses se présentent d'une manière encore relativement simple pour les substances faiblement para- ou diamagnétiques, pour lesquelles, dans les limites des champs dont nous pouvons disposer, l'aimantation est proportionnelle au champ et l'hysterésis et la viscosité n'existent pas ; l'on peut donc exprimer la relation entre I et H par une fonction vectorielle linéaire ou par un triple tenseur, que l'on peut figurer, comme l'on sait par un ellipsoïde[1]. Lorsque l'on connaît cet ellipsoïde, c'est-à-dire la position et la longueur de ses axes principaux, la manière dont la substance se comporte au point de vue magnétique est pleinement caractérisée. C'est sur cette base que W. Thomson a developpé le premier la théorie du magnétisme des cristaux[2] qui, par la suite, a été reconnue parfaitement exacte. Pour le cas d'un cristal régulier, l'ellipsoïde se transforme en une sphère, et il s'en suit qu'il n'y a plus d'anisotropie. Les cristaux para- et diamagnétiques du système cubique se comportent en effet au point de vue magnétique d'une manière isotrope tout comme pour leurs propriétés élastiques, thermiques, optiques, etc.

Grâce à la théorie de Thomson, vérifiée en tous points pour les substances faiblement magnétiques ainsi d'ailleurs qu'aux conceptions générales sur la cristallographie physique, l'on s'était si bien habitué à considérer les termes de « cristallisation dans le système cubique » et « isotropie » comme équivalents, que l'étonnement fut grand lorsque M. P. Weiss[3] montra il y a

[1] Voir Föppl, Theorie d. Elektr. I. p. 36.

[2] W. Thomson, Rep. Brit. Assoc. 1850 (2) p. 23. *Phil. Mag.* 1851; (4) I, *Ges. Abh.* p. 449.

[3] P. Weiss. Thèse présentée à la Fac. des Sciences. Paris 1896.

douze ans par une série d'expériences que la magnétite, bien que cristallisant dans le système cubique, ne se comporte — au point de vue magnétique — absolument pas comme une substance isotrope, mais présente au contraire certaines directions pour lesquelles l'aimantation est beaucoup plus forte ou beaucoup plus faible. En examinant la question de plus près, l'on reconnut bientôt que ce résultat inattendu n'était pas du tout en discordance avec la théorie de Thomson, mais qu'on aurait pu au contraire le prévoir presque certainement en raison de la nature ferromagnétique de ce minéral. En effet toute la théorie du triple tenseur et de l'ellipsoïde repose sur l'hypothèse de la proportionnalité entre l'intensité de l'aimantation et le champ. Et comme cette hypothèse ne se confirme, même d'une manière approximative, ni pour la magnétite ni plus généralement pour les substances ferromagnétiques, il n'y a pas de raison pour que la magnétite soit isotrope au point de vue magnétique.

Les premières expériences faites sur des cristaux ferromagnétiques.

L'on ne connaît jusqu'à aujourd'hui que six substances ferromagnétiques proprement dites, c'est-à-dire des substances pour lesquelles l'intensité de l'aimantation à saturation est du même ordre de grandeur que pour le fer (quelques centaines d'unité C. G. S.) ; ce sont : le fer, le cobalt, le nickel, la magnétite, la pyrrhotine et les alliages magnétiques de Heusler cuivre-manganèse-aluminium. Seules la magnétite et la pyrrhotine se rencontrent dans la nature sous forme de beaux cris-

taux permettant une étude du magnétisme des cristaux. On peut extraire quelquefois des cristaux de fer de dimensions un peu plus grandes, de pièces de fer massives ayant subi accidentellement un recuit prolongé ou du fer fourni par les procédés aluminothermiques de Goldschmidt.

Si l'on ne tient pas compte des travaux plus anciens qui n'ont plus aucune valeur aujourd'hui, la première étude qui fut faite dans ce domaine, est une étude de M. P. Weiss sur la magnétite, comme nous l'avons déjà mentionné.

Les échantillons du cristal, taillés parallèlement à l'axe binaire (normale du dodécaëdre), à l'axe ternaire (normale de l'octaëdre) et à l'axe quaternaire (normale du cube) furent aimantés longitudinalement dans des champs atteignant 500 gauss et passant par l'axe de l'échantillon ; on ne mesurait douc que la composante de l'aimantation parallèle au champ. Les résultats principaux furent les suivants : pour les échantillons perpendiculaires à la face de l'octaëdre et du dodécaëdre, l'aimantation augmentait rapidement jusqu'à une valeur voisine de la saturation ; les deux courbes devenaient alors toujours plus plates et semblaient pour une valeur de $H = 500$, très voisine de la saturation. Par extrapolation l'on trouva comme valeur pour celle-ci : 435 unités C. G. S. pour un cristal de Brozzo (Italie) et 469 pour un cristal de Zillerthal (Tyrol). Pour les échantillons perpendiculaires à la face du cube, l'aimantation croissait encore plus vite au début, pour s'aplanir rapidement bien loin avant la saturation, et se continuer ensuite, en se rapprochant asymptotiquement d'une droite, qui montait lentement à partir du point

I = 290 de l'axe des ordonnées de telle façon que pour H = 500 elle avait presque rejoint les deux autres courbes. On peut donner une explication de ces faits en supposant le cristal de magnétite formé de trois systèmes parallèles chacun à une face de cube ; nous reviendrons plus loin d'ailleurs sur cette conception.

Pour le cristal de Brozzo, les trois courbes avaient un point commun pour une valeur de H = 32 gauss ; au dessous, l'aimantation était la plus forte dans la direction de la normale au cube, puis dans celle de la normale au dodécaèdre et enfin dans celle de la normale à l'octaèdre ; au dessus, c'est précisément l'inverse qui avait lieu. Pour le cristal de Zillerthal, seules les deux courbes correspondant aux normales du cube et de l'octaèdre se rencontraient pour une valeur de H = 64 gauss (avant ce point, la première courbe était la plus élevée, après c'était la seconde), tandis que la direction de la normale du dodécaèdre présentait pour tous les champs les valeurs de I les plus élevées. Il ne fut pas possible de trouver d'explication pour ces phénomènes particuliers.

L'auteur fit de plus une série d'expériences avec des lames parallèles aux faces du cube, de l'octaèdre et du dodécaèdre, en mesurant les composantes de l'aimantation parallèlement et perpendiculairement à la direction du champ (mais toutes deux, comme le champ lui-même, dans le plan de la lame). Toutes les mesures furent faites pour un champ constant de 353 gauss. Pour les lames parallèles à la face du cube, la composante parallèle — comme on pouvait s'y attendre — avait la valeur la plus faible dans la direction de l'axe (normale au cube), et la plus forte dans les

diagonales. Dans la direction des axes et des diagonales, la composante normale avait la valeur 0; entre deux, elle présentait de 0 à 180° deux maxima dans un sens, deux dans l'autre, en formant ainsi deux ondes parfaites. Les lames parallèles aux faces du dodécaèdre présentaient également, comme on pouvait le supposer d'après la symétrie, deux ondes à 180°, mais ces ondes étaient de longueur (70° et 105°) et d'amplitude (environ 1 : 3) différentes. Il y a lieu de remarquer que, même pour les lames cubiques, pour lesquelles les ondes devraient être absolument semblables, les amplitudes présentaient une différence de 40 °/₀. Nous reviendrons d'ailleurs sur ce point. Enfin, les lames parallèles aux faces de l'octaèdre donnèrent des valeurs très faibles pour la composante normale et des différences à peine sensibles pour la composante parallèle : l'auteur crut pouvoir en conclure que ces différences n'étaient dues qu'à une orientation imparfaite des lames, et qu'une lame octaédrique rigoureusement orientée était isotrope.

Les résultats de M. P. Weiss, sur lesquels nous nous sommes étendus parce qu'ils ont servi de base au présent travail, ont été le point de départ des recherches théoriques sur les cristaux ferromagnétiques dues à W. Voigt[1]. Il y représentait les composantes de l'aimantation par des séries qui croissaient selon les puissances impaires des composantes du champ. En ne considérant que les deux ou trois premiers termes, il put démontrer — comme l'on pouvait s'y attendre — qu'en introduisant des puissances plus élevées, l'isotropie du

[1] W. Voigt. *Gött. Nach.*, 1900, p. 331 et suiv.

système cubique disparaît. Mais, comme les séries de M. Voigt ne sont que peu ou pas du tout convergentes, ses recherches ne sont valables que pour des champs faibles, et encore sont-elles, même pour ceux-ci, plus ou moins qualitatives. Quelques années plus tard, M. P. Weiss [1] a publié lui-même des recherches théoriques en prenant pour base le travail dépensé dans l'aimantation.

Parmi les autres recherches expérimentales qui ont été exclusivement faites dans le laboratoire de M. P. Weiss [2], les plus importantes sont celles qu'il a exécutées lui-même sur la pyrrhotine (ou pyrite magnétique), soit un sulfure de fer de composition approximative Fe_7S_8 : elles montrèrent tout d'abord que ce minéral, qui semblait cristalliser dans le système hexagonal, ne présente en aucune façon — au point de vue magnétique — la symétrie correspondant à ce système. L'on put reconnaître, au contraire, que chacun des cristaux était composé de quantités inégales de trois éléments qui présentaient chacun la symétrie orthorhombique, et sont déplacés de 60° les uns par rapport aux aux autres, ce qui donne l'apparence d'une forme hexagonale. Streng [3] avait d'ailleurs énoncé cette manière de voir depuis longtemps, en se basant sur des mesures d'angles. En opérant avec beaucoup de minutie, M. Weiss put obtenir des lames composées presque exclusivement de l'un des trois éléments. Un fragment de cristal de ce genre présente, comme le cristal tout en-

[1] P. Weiss. Le travail d'aimantation des cristaux. *J. de Phys.* 1904, (4). III, 194.

[2] P. Weiss. *J. de Phys.*, 1905 (4), IV, p. 836.

[3] Streng. *Neues Jahrb. f. Mineralogie*, 1878, p. 797.

tier, la propriété de n'être presque pas magnétisable dans une direction (qui correspond presque à l'axe principal du système pseudo-hexagonal). Les deux autres axes forment ensemble ce que l'on appelle le « plan magnétique » ; dans la direction de l'un d'eux — direction de facile aimantation — la saturation est déjà atteinte pour H = 700 gauss ; sa valeur absolue, $I_s = 47$ c.g.s., reste ensuite absolument invariable, jusqu'aux champs les plus forts (H=11,000 gauss). En considérant que les petits disques sont le siège de champs démagnétisants intenses, M. Weiss émit l'hypothèse hardie que, si ces champs n'existaient pas, la saturation serait atteinte pour les valeurs les plus faibles du champ, voire même sans aucun champ extérieur.

Quelqu'invraisemblable que cette hypothèse puisse paraître à ceux qui étaient habitués aux anciennes conceptions, elle est cependant absolument d'accord avec la théorie du ferromagnétisme émise dernièrement par M. Weiss[1], et pourrait même être considérée comme en découlant nécessairement. Dans la troisième direction, celle de l'aimantation la plus difficile dans le plan magnétique, l'aimentation à saturation ne se produisait pas tout à fait, même pour les valeurs les plus élevées du champ : tout se comportait comme s'il existait dans cette direction un champ démagnétisant, de valeur $He = 155\ I_y$, où I_y désigne la composante de I parallèle à la direction de l'aimantation la plus difficile. Seuls cependant, certains cristaux « normaux » se comportaient comme il vient d'être dit, alors que

[1] *Bull des séances de la Soc. franç. de Phys.*, 1907, 1er et 2me fasc.

des cristaux « anormaux » avaient des propriétés beaucoup plus irrégulières ; il était facile, en particulier, de reconnaître l'influence du temps (viscosité), d'où il résultait une hystérésis très considérable et variable.

M. P. Weiss entreprit encore, en collaboration avec M. J. Kunz, une étude[1] sur la pyrrhotine à des températures élevées.

Comme on pouvait s'y attendre, ils constatèrent une diminution de l'aimantation avec l'élévation de la température pour les cristaux normaux, tandis que pour les cristaux anormaux, le nombre et la durée des échauffements et des aimantations faisaient varier continuellement leur manière de se comporter. Enfin, il faut mentionner aussi l'ouvrage de M. Kunz[2] sur l'hématite qui, il est vrai, est beaucoup moins magnétique. Ce minéral présente également le plan magnétique et la composition par trois éléments d'un cristal appartenant apparemment au système hexagonal simple. D'ailleurs, tous les phénomènes y sont beaucoup plus compliqués et difficiles à étudier que pour la pyrrhotine.

Le présent travail a été entrepris sur les conseils de M. P. Weiss, dans le but de poursuivre ses recherches précédentes dans ce domaine et les amener, si possible, au point auquel il était parvenu à les pousser pour les cristaux normaux de pyrrhotine. Malheureusement, nous reconnûmes bientôt, au cours de nos expériences, que la magnétite, malgré les formes cubiques de ses cristaux, se comporte d'une manière beaucoup plus compliquée que la pyrrhotine, et rappelle

[1] *J. de Phys.*, 1905, p. 847.

[2] *Neues Jahrb. f. Mineralogie.* 1907, Bd I, s. 62-88, et *Archives des Sc. phys. et nat.*, 1907, t. XXIII, p. 137.

beaucoup les cristaux anormaux, si difficiles à comprendre. Si nos recherches n'ont, par conséquent, pas complètement atteint le but, elles nous ont du moins permis de figurer d'une manière assez satisfaisante les propriétés de la magnétite.

PREMIÈRE PARTIE

Méthode et appareils. Matières étudiées.

Les beaux cristaux de magnétite ne sont pas rares du tout, comme l'on sait, et l'on pourrait croire que je n'ai eu aucune peine à me procurer la matière première de mes recherches. J'ai cependant été bientôt convaincu, au contraire, qu'il était fort difficile d'obtenir des matières convenables. Il est vrai qu'il faut être très exigeant pour les cristaux qui doivent servir à des recherches du genre des miennes. Le cristal doit être assez grand pour qu'il soit possible d'y tailler quelques plaques, ce qui demande une étendue de 2-3 cm. au minimum dans toutes directions; il faut de plus — et cette condition est encore beaucoup plus difficile à remplir — que l'intérieur du cristal soit absolument régulier et homogène ; je n'eus jamais entre les mains de cristal absolument parfait sous ce rapport.

Les six cristaux suivants ont servi, en fin de compte, à mes recherches :

1. Au début, j'avais à ma disposition les trois plaques qui avaient servi à M. Weiss lui-même, et qui sont taillées parallèlement aux faces du cube, de l'octaèdre et du dodécaèdre, et un certain nombre de bâtonnets, de 15 mm. de longueur et 1,5 mm. $\times$ 1,5 mm.

de section, parallèles aux axes binaires, ternaires et quaternaires. Ces plaques et ces baguettes avaient été taillées dans le grand cristal de Brozzo, qui a suffi à la majeure partie des expériences de M. Weiss. Ce cristal, comme tous ceux de ce gisement, était un dodécaèdre avec de belles combinaisons octaédriques sur toutes les faces. L'homogénéité était excellente. Les plaques, taillées par J. Werlein, à Paris, mesuraient 20 mm. de diamètre et 0,3 mm. environ d'épaisseur. Elles étaient collées sur des lames de verre minces. Il ne fut pas possible d'exécuter des mesures absolues sur ces plaques, car leur volume était inconnu et le verre, dont on ne pouvait les séparer, en empêchait la mesure. Cependant, les mesures faites sur ces plaques ont de la valeur en raison de l'homogénité remarquable de la matière. J'ai malheureusement brisé d'abord la plaque cubique, puis ensuite la plaque octaédrique, en sorte que les séries de mesures sont incomplètes. Les baguettes n'ont servi qu'à quelques mesures dans des champs très forts.

Plus tard, j'ai employé les cristaux suivants :

2° Un dodécaèdre de Traverselle en Piémont de même venue que le cristal de Brozzo et paraissant très homogène. Cinq plaques d'environ 15^{mm} de diamètre et 0,2 à 0.3^{mm} d'épaisseur furent taillés dans ce cristal ; le diamètre des lames de verre sur lesquelles les plaques étaient collées était un peu plus faible, ce qui permettait la mesure de l'épaisseur des plaques de magnétite dans les bords. Cependant cette méthode de mesure du volume des plaques n'a pas donné de résultat satisfaisant, d'abord parce que la mesure de l'épaisseur est très peu exacte, puis, parce que malgré la plus

grande minutie, il était presqu'impossible d'empêcher le bord des plaques de s'effriter. Elles avaient été taillées, comme toutes celles dont il a encore été fait usage avec beaucoup d'exactitude par la maison Voigt et Hochgesang à Göttingue. Le poids spécifique du cristal, mesuré sur un gros morceau a été trouvé de 5,08. Les mesures faites avec ces plaques ont présenté cependant de grandes irrégularités qu'il n'est pas possible d'expliquer autrement qu'en supposant la présence par places dans le cristal de substances d'orientation différente. Les résultats obtenus sur ce cristal n'ont pas par conséquent de grande valeur.

3° Un octaèdre de Traverselle dans lequelle on tailla quatre plaques en même temps et de la même manière que les précédentes, mais elles se montrèrent encore moins homogène, et ne furent pas utilisées.

4° Un dodécaèdre de Traverselle, assez grand, et d'apparence identique aux numéros 1 et 2. La préparation des plaques dont il fut possible de tailler sept dans ce cristal fut un peu différente :

On polit « grosso modo » la plaque de magnétite jusqu'à 1^{mm} d'épaisseur environ, et on la pesa exactement, puis on la colla sur une lame de verre un peu plus grande qu'elle et on la pesa de nouveau. La différence des pesées représentait le poids de la plaque de magnétite et du ciment. Puis on polit la plaque jusqu'à l'épaisseur voulue, on fit encore une pesée dont l'on déduisit le poids du verre et du ciment. L'on connaissait ainsi le poids de la plaque seule, et en le divisant par la densité, son volume [1]. La densité,

[1] La preuve que les pesées ont été très exactement effectuées par MM. Voigt et Hochgesang m'a été fournie par le fait que

mesurée à un gros morceau fut trouvée de 5,191. Le diamètre des plaques mesurait 20^{mm} (2 seulement étaient un peu plus petits) et leur épaisseur était de 0,25 à 0,3^{mm}. Quelques unes de ces plaques étaient excellentes, et servirent à une grande partie des mesures. D'autres présentaient de grandes irrégularités, qui m'ont fait admettre que le cristal était inhomogène par places.

5° Un petit octaèdre du Val d'Usseglio (Piémont). Il fut possible de tailler 5 plaques dans ce cristal, mesurant seulement 12-15^{mm} de diamètre et 0,1 à 0,15^{mm} d'épaisseur. La détermination du volume eut lieu comme pour le cristal 4, et la densité était de 5,110. Ce cristal se montra absolument homogène, mais présentait une forte rémanence, de sorte qu'il servit plus spécialement à l'étude de ce genre de phénomène.

6° Un petit octaèdre très compact de Traverselle. Cinq plaques en furent taillées de la même manière que pour le cristal 5. La densité était de 5,252, c'est la plus grande valeur obtenue, à laquelle correspond l'égalité parfaite du cristal. C'est sur ces plaques que furent exécutées les séries complètes de mesures.

Méthodes de recherches

Comme je l'ai déjà souvent mentionné, presque toutes les recherches furent faites avec des plaques minces, taillées parallèlement aux faces du cube, de l'octaèdre et du dodécaèdre. Lorsqu'on aimante une

l'aimantation à saturation avait presque la même valeur pour toutes les plaques d'un même cristal.

plaque semblable de telle sorte que le champ se trouve dans son plan, la direction de l'aimantation ne se trouverait pas dans ce plan si la matière était indéfiniment étendue. Mais pour une plaque suffisamment mince, ce sera toujours le cas, car les composantes perpendiculaires à la plaque ne peuvent pas se développer d'une manière sensible à cause de la grande valeur du coefficient de désaimantation. Toutefois le champ et l'aimantation formeront en général un angle dans le plan de la plaque. Pour déterminer la valeur et la direction de l'aimantation pour chaque direction du champ H, nous mesurons séparément les deux composantes de I, celle qui est parallèle au champ (et qui coïncide avec lui) $I_p = I \cos \varphi$ et celle qui lui est perpendiculaire $I_n = I \sin \varphi$, Si nous connaissons pour chaque valeur et chaque direction du champ les deux composantes de I (il va sans dire que l'on ne considère que les directions dans le plan de la plaque) nous connaissons aussi pour chaque cas la grandeur et la direction de l'aimantation.

Pour mesurer les composantes, on peut employer la méthode balistique ou une méthode en quelque sorte magnétométrique, qui consiste à mesurer la déviation de la plaque suspendue convenablement dans le champ magnétique.

A. *Méthode de déflexion.*

Si nous suspendons dans un champ magnétique horizontal une plaque ronde, taillée dans une matière isotrope de telle sorte qu'elle soit horizontale, et susceptible de tourner autour de l'axe vertical passant par son centre, cette plaque restera immobile quelle que soit sa position. Une plaque taillée dans un cristal

se comportera différemment. Comme en général le champ H et l'aimantation I forment un angle φ l'un avec l'autre (fig. 1), la plaque sera soumise à un

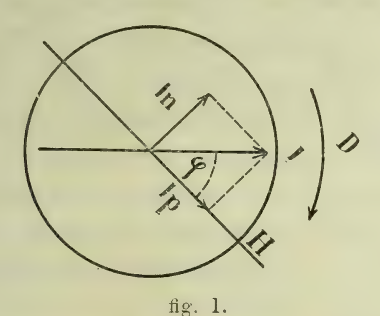


fig. 1.

moment de torsion $D = MH \sin \varphi$, en désignant par M le moment magnétique de la plaque. Comme $M = I.v$ (v = volume de la plaque), l'on a :

$$D = HvI \sin \varphi = HvI_n.$$

Le moment de torsion permet donc de mesurer directement la composante normale. Si l'on emploie pour suspendre la plaque un ressort de constante C (soit le moment de torsion pour l'angle unité) et si l'on mesure la déviation au moyen d'un miroir, avec une échelle distante de d du miroir, l'on a pour des angles de torsions pas trop grandes, en désignant par S les déviations lues sur l'échelle,

$$D = HvI_n = \frac{CS}{2d} \text{ ou } I_n = \frac{C}{2dHv} S$$

Cette méthode est très simple et extrêmement sensible.

On peut déterminer la composante parallèle par une méthode semblable à celle que nous venons de décrire.

Pour cela on suspend la plaque comme précédemment, mais verticalement, et l'on s'arrange de façon que le champ tombe dans le plan de la plaque ; celle-ci restera alors en repos. Si l'on fait tourner le champ hors de la position de repos R (fig. 2) d'un petit angle α, une fois à droite et une fois à gauche, la plaque sera soumise à un moment de torsion $D = I_p v H \sin \alpha$. On peut mesurer ce moment comme précédemment, et en déduire la composante parallèle.

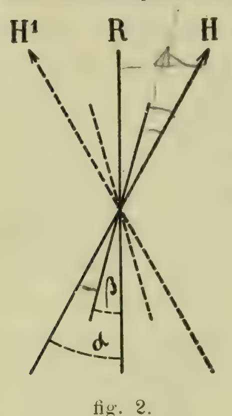


fig. 2.

Bien que cette méthode soit très simple en principe, son application est difficile. D'abord, on ne peut pas négliger le petit angle de torsion β de la plaque par rapport à l'angle α qui est également petit ; on voit d'ailleurs que le champ qui agit après la torsion n'est pas H, mais ($H \cos \alpha$-β) ; de plus même pour une lame infiniment mince il y a une composante de l'aimantation perpendiculaire au plan de la plaque (voisine de $\frac{H}{4\pi}$) qui exerce de nouveau un moment de torsion. Bien qu'il soit possible de calculer toutes ces corrections, la méthode n'en est pas moins rendue très compliquée et incertaine, ce qui nous y a fait renoncer pour d'autres expériences.

B. *Méthode balistique.*

La méthode balistique ordinaire pour laquelle la substance à étudier reste à l'intérieur du bobinage

primaire et secondaire et où l'on mesure le courant engendré lorsqu'on fait varier le courant primaire, n'aurait pas été appliquable en raison des champs puissants que nécessitaient nos expériences, et des petites quantités de substances magnétiques dont nous disposions. En effet l'induction mutuelle des deux bobines l'une sur l'autre surpasserait de plusieurs milliers de fois l'influence de la substance. Nous avons modifié la méthode de telle sorte que le champ demeurait invariable et que l'on mesurait le courant engendré par induction dans le secondaire en introduisant ou en enlevant la plaque. Soit (fig. 3) P le primaire,

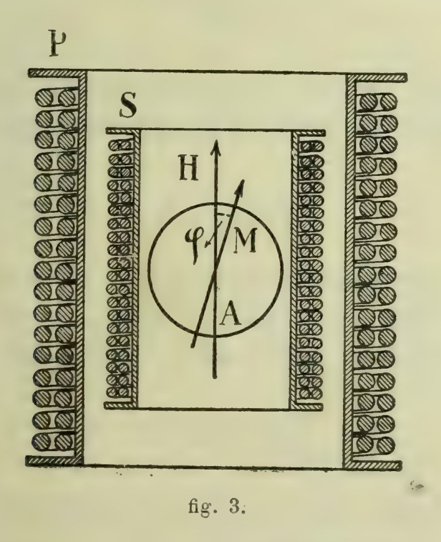


fig. 3.

S le secondaire, A la lame de magnétite, H le champ dû au primaire, φ l'angle entre M et H. Représentons-nous un instant que la bobine S est parcourue par un courant qui engendre à l'intérieur de la lame un champ

uniforme, mais négligeable par rapport à H. Si l'on introduit la lame supposée, pour la démonstration, aimantée d'une façon permanente, l'énergie du système δ sera accrue de la quantité

$$Mh \cos \varphi = Ivh \cos \varphi$$

D'après le principe de la conservation de l'énergie, cette énergie doit être bonifiée à la bobine S, de manière qu'une force électromotrice e, de même direction que i lui est fournie par induction. Le travail ajouté au courant i doit donc être :

$$\int e\, idt = Ivh \cos \varphi$$

ou, puisque l'on doit considérer i comme constant, et puisque I cos φ représente la composante parallèle I_p de I,

$$i \int edt = h\, I_p\, v$$

Mais H étant égal à Gi en désignant par G une constante que l'on peut calculer et qui dépend de la forme de la bobine, nous obtenons par conséquent :

$$\int edt = GI_p\, v;$$

la force électromotrice totale étant indépendante de i, comme il ne pouvait pas d'ailleurs en être autrement, elle aura donc la même valeur, même s'il n'y a aucun courant i. Il en résulte que la force électromotrice totale, et en même temps la déviation du galvanomètre ballistique, permettent de mesurer directement la composante

parallèle de l'aimantation[1]. Pour obtenir des valeurs absolues, on pourrait calculer G et calibrer le galvanomètre. Il est plus facile cependant d'atteindre le but proposé en calibrant directement au moyen d'un moment magnétique connu. Nous avons employé comme tel une petite bobine dont on connaissait la surface d'enroulement F. En y faisant circuler un courant constant i, la bobine devenait équivalente à un moment magnétique égal à $\frac{1}{10}$ Fi, et en plaçant la bobine dans l'appareil à la place de la lame de magnétite on pouvait calibrer en mesurant la déviation.

Lorsque les axes de P et S sont perpendiculaires l'un à l'autre, on mesure de la même manière la composante normale de I. Je n'ai pas exécuté de mesures de ce genre, mais j'ai employé exclusivement la méthode de déflexion si simple et beaucoup plus sensible.

D. *Hystérésis.*

On peut, en déterminant la composante normale de l'aimantation, déterminer en même temps l'hystérésis de rotation. Dans ce but, on faisait tourner le champ dans un sens de 10° en 10°, et l'on mesurait chaque fois la déviation. L'on obtint de cette façon une courbe de déviations en fonction de la direction du champ, qui était identique à un facteur constant pris à la courbe des composantes normales ; ce facteur est le quotient du champ par la constante du ressort. L'on mesura

[1] M. P. Weiss a employé ce calcul dans son travail sur la pyrrhotine, *l. c.*, p. 9.

alors une courbe toute semblable dans le sens contraire, et de la différence des deux l'on déduisit l'hystérésis de rotation.

Soient

$$S_1 = f_1(\varphi) \text{ et } S_2 = f_2(\varphi)$$

les deux courbes des déviations lorsque φ augmente et diminue, étant l'angle que le champ enferme avec un zéro fixe. Le moment de torsion, qui pour un angle quelconque φ fait obstacle à la rotation sera pour les deux courbes :

$$D_1 = \frac{C}{2d} S, \text{ et } D_2 = \frac{C}{2d} S_2,$$

en désignant comme plus haut par C la constante du ressort et par d la distance de l'échelle, et en considérant comme positifs les S qui ont la même direction que les φ positifs. Pour un tour complet, le travail qui sera nécessaire pour la rotation du champ, et qui représente par conséquent l'hystérésis de rotation aura la valeur :

$$A = \frac{C}{2d}\int_0^{2\pi} S_1 \, d\varphi = -\frac{C}{2d}\int_{2\pi}^{0} S_2 \, d\varphi$$

En désignant par S'_1 et S'_2 les valeurs moyennes de S_1 et S_2 pendant un tour complet, on aura :

$$A = \frac{\pi C}{d} S'_1 = -\frac{\pi C}{d} S'_2 ;$$

chacune de deux courbes pourrait donc servir au calcul du travail de l'hystérésis. Cependant l'on obtient des résultats plus certains en prenant la différence des deux, on est ainsi indépendant du zéro. Le travail de

l'hystérésis est alors proportionnel à la surface comprise entre les deux courbes, ou, si on la rapporte à l'unité de volume on a pour le travail effectué par unité de volume pour un tour complet :

$$A_h = \frac{\pi C}{2dv}(S'_1 - S'_2)$$

La différence S_1—S_2 n'est pas la même pour toutes les valeurs de φ pour les substances anisotropes ; l'hystérésis se répartit irrégulièrement sur le pourtour, et l'on peut lui attribuer une valeur différente en chaque point, ce qui fait que ce que l'on doit considérer comme la valeur absolue de l'hystérésis dans une direction donnée, n'est pas déterminé d'emblée. J'ai arbitrairement désigné ainsi la valeur du travail effectué pendant un tour complet, lorsque la différence S_1—S_2 a sur tout le pourtour la même valeur qu'elle possède au point considéré. On peut donc déterminer l'hystérésis pour une direction donnée au moyen de l'expression :

$$A_h = \frac{\pi C}{2\,dv}(S_1 - S_2).$$

Le travail réel effectué par l'hystérésis pour un tour entier est représenté par la moyenne des travaux effectués dans chaque direction.

Lorsqu'il ne s'agit que de cette moyenne, on peut simplifier considérablement le procédé en faisant tourner le champ rapidement dans l'une et dans l'autre direction au moyen d'un moteur, et si la suspension est suffisamment amortie pour que les variations du moment de torsion qui se produisent au cours de chaque tour, ne puissent plus amener des mouvements

visiblessur l'échelle, on obtient directement sur cette échelle les déviations moyennes S'_1 et S'_2, au moyen desquelles on peut calculer le travail de l'hystérésis au moyen du procédé indiqué plus haut [1]. J'ai fait également quelques mesures de ce genre. Il faut prendre garde lorsqu'on les exécute, comme d'ailleurs lorsqu'il s'agit de mesures quelles qu'elles soient où le champ se déplace, de commencer par lui faire exécuter quelques rotations complètes dans le même sens, jusqu'à ce qu'il se soit établi un régime permanent.

Description des appareils employés.

A. *Méthode de déflexion.*

L'appareil employé pour les mesures exécutées avec cette méthode est représenté à la fig. 4. Le champ mobile se compose, pour des champs faibles, des deux bobines S_1 et S_2, qui sont fixées sur une poutre de bois B, selon le dispositif de Helmholtz pour obtenir un champ aussi homogène que possible (distance = $^1/_2$ diamètre). Le tout est vissé sur la plaque de laiton circulaire C, qui peut avec le pivot D tourner autour de son axe vertical, et porte sur son pourtour une graduation. On peut lire les positions du plateau au moyen d'un repère. Le courant est amené pour l'un des pôles par un fil qui passe par l'endroit où la plaque est percée en son centre et qui plonge dans un godet de mercure E, tandis que l'autre extrémité de la bobine est reliée à

[1] M. V. Planer a mesuré d'après cette méthode l'hystérésis de rotation et l'hystérésis d'alternance pour des plaques de fer et de nickel. *Mitt. Phys. Ges. Zürich*, 1908, n° 13.

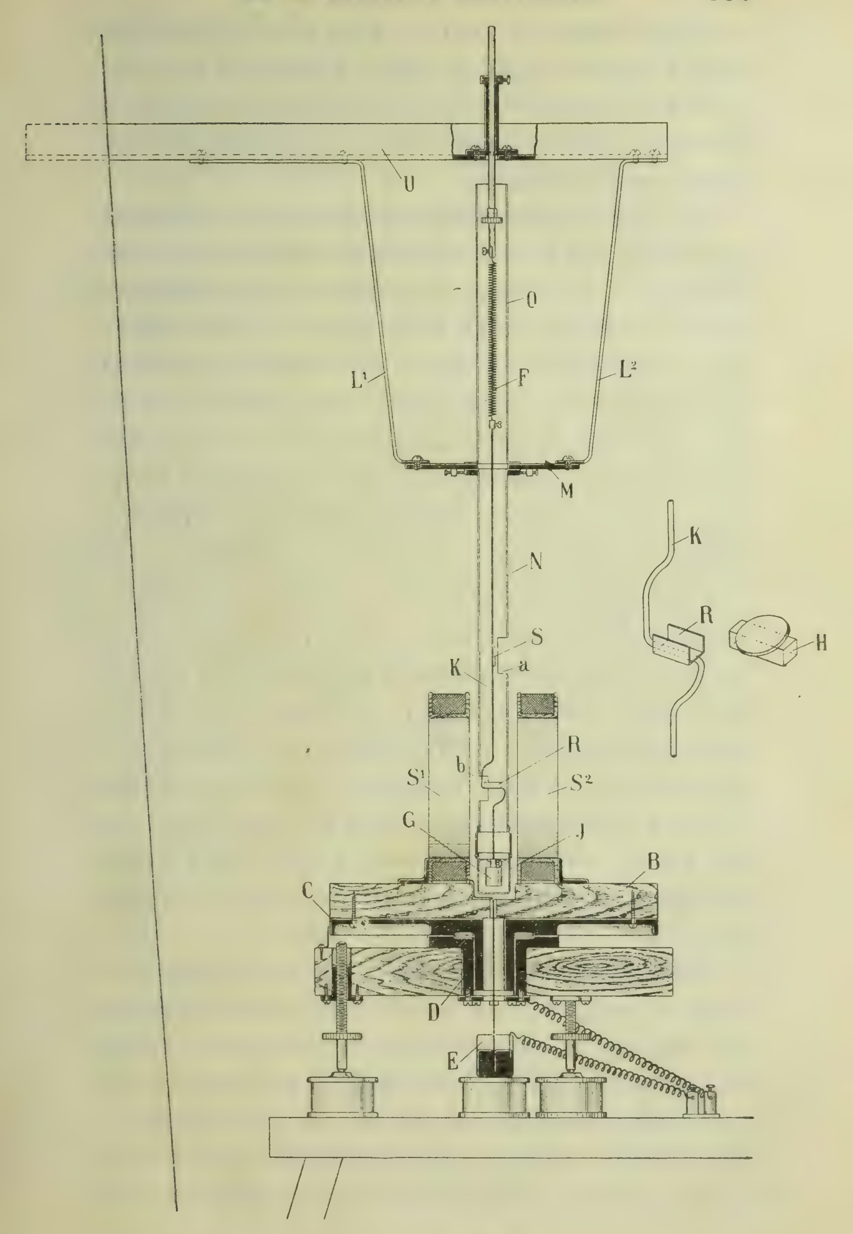


fig. 4.

la plaque tournante, de telle sorte que le courant revient à la batterie par le cadre au moyen d'un fil qui y est fixé. Quoique le pivot fût graissé, le passage du courant se faisait sans difficulté et, même pour 30 ampères, sans fluctuations.

La plaque à étudier est suspendue entre les deux bobines au moyen du fil de cuivre K et du ressort F. Au commencement, l'on collait simplement les plaques sur la partie horizontale du fil. Cette manière de faire présentait cependant l'inconvénient qu'il était impossible de remettre dans la même position les plaques que l'on avait enlevées ou qui s'étaient décollées, ce qui pourtant aurait été nécessaire pour la comparaison des résultats. C'est pourquoi pour les expériences ultérieures chaque plaque — qui était collée maintenant entre deux lames de verre pour éviter qu'elle ne se brise — fut fixée par sa face inférieure à un petit plot de caoutchouc durci H, qui entrait sans jeu aucun dans un cadre de cuivre R soudé à la partie horizontale du fil K. Ce dispositif permettait de ramener très exactement les plaques dans la même position. Un poids G est suspendu à la partie inférieure du fil K et sert, tant à donner à tout le système la stabilité voulue, qu'à l'amortissement en plongeant dans un vase J rempli de glycérine.

Pour éviter les trépidations que la rotation de la lourde plaque C pourrait faire naître, les deux parties de l'appareil sont complètement isolées l'une de l'autre. Tandis que le plateau avec les bobines repose sur une lourde table de chêne, le ressort avec le fil de cuivre et la substance à étudier est suspendu à une pièce de fer en U, scellée dans l'un des piliers du bâtiment. Cette

pièce en U porte fixée à deux autres pièces de fer L_1 et L_2 le plateau de laiton M, auquel est suspendu le tube de laiton N, dont le diamètre est de 3,5 cm. Ce dernier sert d'abord à protéger le système tout entier contre les courants d'air ; il porte ensuite à son extrémité inférieure le vase de glycérine J, qui sert à l'amortissement. Deux ouvertures *a* et *b* sont destinées, la première au miroir S, la seconde à l'introduction des plaques. Il va de soi que la suspension, comme le cylindre de protection, sont munis du dispositif permettant de faire varier leur hauteur, de les faire tourner et de les centrer. La partie supérieure de la suspension peut également être protégée contre les courants d'air au moyen d'un tube de laiton en deux parties.

La lecture des rotations se faisait au moyen d'un miroir et d'une lunette. L'échelle était placée à une distance de plus de 5 m., pour avoir de petites rotations et par conséquent des corrections de peu d'importance ; la lunette, au contraire, était placée tout près de l'appareil. Grâce à ces dispositions, il était possible de mesurer la rotation du champ sans quitter la lunette.

Les bobines donnaient un champ de 32,5 gauss pour un courant d'un ampère. Elles pouvaient supporter pendant un certain temps un courant de 4 ampères, mais l'échauffement était déjà considérable. Un courant de 5 ampères, correspondant à un champ de 160 gauss, ne pouvait être employé que quelques instants, ce qui fait que pour des champs plus forts, je me suis servi d'un électroaimant Ruhmkorff. Le cylindre de protection, qui mesurait 3,5 cm., empêchait la distance des pôles d'être inférieure à 4 cm. Avec cette distance, l'on obtenait avec un courant de 30 ampères, que l'en-

roulement de gros fil supportait très bien, un champ de 4000 gauss, bien suffisant pour toutes les expériences. Le courant était fourni par une batterie de 36 éléments, qui pouvaient être réunis suivant le besoin en séries par 6, 12, 18 et 36. On avait soin de bien démagnétiser lorsqu'on avait fait agir un champ fort, afin d'éviter les perturbations dues au magnétisme rémanent aussi bien dans le fer de l'aimant que dans la substance étudiée. Pour désaimanter la substance à l'intérieur des bobines, l'on faisait tourner continuellement la substance dans le champ magnétique (composante parallèle), ou le champ lui-même (composante normale), tout en diminuant lentemement le courant ; c'était là le seul moyen de rendre la substance absolument neutre dans toutes les directions. Pour l'électroaimant, il était nécessaire en outre de commuter le courant pendant toute la durée de l'expérience, pour annuler le magnétisme rémanent dans les pièces polaires et la culasse. Pour de faibles courants, j'ai employé à la place le courant alternatif (cela n'était pas possible pour les courants forts à cause de la self-induction). Grâce à une combinaison spéciale de résistances, l'on pouvait diminuer le courant petit à petit jusqu'à 0,0005 ampère environ, ce qui rendait la désaimatation parfaite.

B. *Méthode balistique.*

Nous avons exposé plus haut le principe de cette méthode. La fig. 5 montre l'appareil qui a servi à son application. L'on voit d'abord la grande bobine primaire J, dont l'enroulement compte 1200 tours de gros fil. Son champ — comme les mesures exécutées

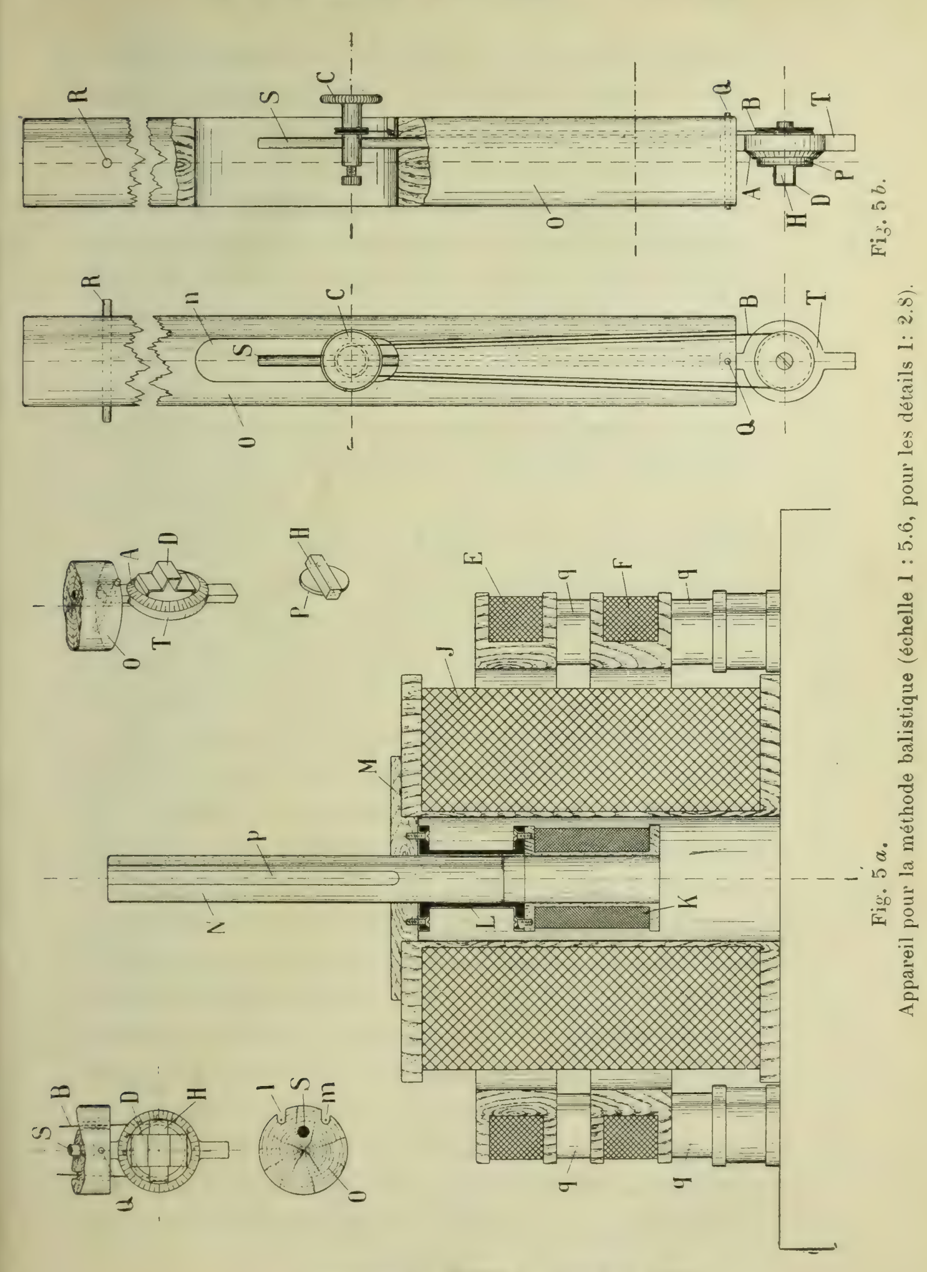


Fig. 5 *b*.

Fig. 5 *a*.

Appareil pour la méthode balistique (échelle 1 : 5.6, pour les détails 1: 2.8).

nous ont permis de le constater — peut être pratiquement considéré comme uniforme à l'intérieur d'une sphère d'au moins 5 cm. de diamètre, dont le centre coïncide avec le point central ; sa valeur pour un ampère est de 59,6 gauss. La bobine peut supporter pour quelques instants un courant de 30 ampères, en sorte que l'on pouvait obtenir des champs allant jusqu'à 1800 gauss. Mais l'échauffement est alors très considérable ; la chaleur se transmet à la bobine secondaire intérieure, dont la résistance augmente, et les déviations du galvanomètre deviennent plus petites. C'est à cause de cela qu'en général le courant ne dépassait pas 25 ampères.

Au milieu du vide de la bobine primaire, se trouve la bobine secondaire K, placée dans le même axe ; son diamètre extérieur est de 90 mm., sa hauteur 100 mm., son vide 3,5 mm., le nombre des tours 5000 et l'épaisseur du fil 0,5 mm.

Elle engendre un champ uniforme pour une sphère de 3 cm.; on est donc certain que même les plus grandes plaques se trouvent à l'intérieur de ce champ et que leur moment magnétique est mesuré exactement.

La bobine secondaire est supportée par le bloc de bois M au moyen de la pièce d'ébonite en forme de bobine L, qui entre juste dans l'ouverture supérieure du vide de la grande bobine. Le bois M est percé et donne passage au tube de laiton de 3,5 cm. N, qui pénètre jusques dans le tube d'ébonite et sert de conduite au cylindre de bois O, qui porte la substance. Ce cylindre de bois dur, qui mesure 40 cm. de long sur 32 mm. d'épaisseur, est percé dans le sens de la longueur d'un trou étroit à travers lequel passe un fil

de cuivre S de 4 mm. qui porte le morceau de cuivre T, qui est maintenu par la pointe Q. C'est sur cette pièce de cuivre que le disque A, en cuivre également, est fixé, de telle manière qu'on puisse le faire tourner autour d'un axe horizontal au moyen de la cordelette B et du bouton G, que supporte aussi le fil de cuivre S. Les positions du disque se lisent à une graduation sur son pourtour. Pour fixer la plaque sur le disque de cuivre, je me suis servi d'abord de ciment ; plus tard, j'ai soudé sur le disque la lame de cuivre D, plusieurs fois repliée et dont la forme était telle qu'elle s'adaptait aux plaques de magnétite P et aux cubes de caoutchouc durci A, et les maintenait dans une position fixe. L'on pouvait de cette manière ramener une plaque toujours dans la même position. Quelques mesures me permirent de déterminer quels points des cercles gradués, le grand cercle C (fig. 4), qui porte le champ, et celui du petit disque que je viens de décrire, correspondaient à une même position de la substance par rapport au champ magnétique ; il était possible alors de donner facilement, une fois pour toutes, les valeurs correspondantes des composantes parallèle et normale.

Le trou du cylindre de bois destiné à livrer passage au fil de cuivre est percé excentriquement, de telle sorte que la substance étudiée tombe exactement dans l'axe du cylindre, et par conséquent en même temps, de la bobine secondaire. La cordelette passe par les ouvertures *l*, *m*, *n* et le bouton dépasse la baguette, ce qui permet de le tourner facilement ; de plus, la rainure *p* a été ménagée de façon à ce que le bouton n'entrave pas l'entrée de la baguette dans le tube N. Une pointe de

laiton R traverse le cylindre dans sa partie supérieure, et bute contre le tube de laiton lorsqu'on introduit le cylindre dans l'appareil, et fixe ainsi la plaque exactement au milieu, entre les deux bobines.

On peut mesurer aussi bien les déviations qui se produisent lorsqu'on introduit le cylindre que lorsqu'on le retire. La seconde méthode est plus exempte d'erreur, parce que les perturbations que pourraient faire naître les chocs, la viscosité, etc., sont sans aucune influence. J'ai observé cependant qu'il n'est pas possible de constater une différence appréciable de la déviation dans l'un et l'autre cas, en sorte que j'ai employé en général la méthode plus commode qui consiste à introduire (faire tomber) le cylindre. Les petites variations de courant qui se produisent inévitablement dans le primaire gênèrent beaucoup les premières mesures faites avec cet appareil. Une variation du courant primaire de quelques milliampères produisait une déviation plus grande que l'échelle entière, à cause de la très grande valeur du coefficient d'induction mutuelle des bobines. A côté de cet inconvénient, il ne faut pas oublier non plus que, malgré toutes les précautions, il aurait pu se faire que le courant se rompît lorsque le galvanomètre était dans le circuit. La secousse énorme qui aurait dû en résulter aurait pu détruire le galvanomètre. C'est pourquoi nous avons installé une compensation; en plaçant autour du primaire les deux grandes bobines EF, comptant ensemble 600 tours, qui étaient reliées en série avec la bobine secondaire K. Les dimensions des deux bobines étaient telles qu'elles balançaient exactement l'effet du primaire, de telle sorte qu'il y avait encore une légère

surcompensation (moins de 1 millième de la valeur totale). On obtenait une compensation parfaite en reliant parallèlement une résistance régulatrice à quelques tours de l'une des bobines.

Cependant, même lorsque la compensation etait parfaite, le galvanomètre ne demeurait pas en repos pour une forte variation brusque du courant primaire. Il accusait très rapidement une légère déviation dans le sens dans lequel les bobines de compensation seules auraient agi, puis il restait brusquement figé. On ne peut expliqer ce fait qu'en supposant que le courant se transmet dans les bobines extérieures un peu avant de passer par la bobine intérieure, de telle sorte que le galvanomètre s'est déjà légèrement déplacé sous l'influence du premier courant, avant que le second ne le force à rester immobile. Le retard de l'effet dans la bobine intérieure doit avoir sa cause dans quelque phénomène de courants de Foucault. Comme en éloignant le tube de laiton le phénomène restait le même, j'ai pensé qu'il s'agissait pour le gros fil de la bobine primaire d'une sorte de « skin-effect ». En raison de ce phénomène secondaire,.auquel je ne m'attendais pas, il ne me fut pas possible d'employer la méthode balistique pour la mesure de l'hystérésis, ni même, d'une manière générale, de travailler avec des courants variables.

C'est un galvanomètre à bobines mobiles qui a servi à exécuter la plupart des mesures. L'amortissement était presqu'apériodique pour une durée d'oscillation de 10 secondes, en sorte que les mesures se faisaient très commodément et avec beaucoup de précision. Dans quelques cas, cependant, la sensibilité n'étant pas

suffisante, je me servis d'un galvanomètre genre Thomson à aiguilles verticales. Sa sensibilité était environ cinq fois plus grande lorsqu'il était réglé pour une durée d'oscillation de 7 sec. Les perturbations dues au tramway électrique étaient cependant telles que, malgré un épais cuirassement protecteur en fer doux, ce n'est que la nuit qu'il était possible de travailler.

C. Appareils et mesures accessoires.

1. *Les ressorts et leur calibrage.*

Les ressorts qui mesurent le moment de torsion jouent dans la méthode de déflexion un rôle important, puisque l'exactitude des résultats dépend en grande partie du degré de confiance qu'ils méritent. Les effets résiduels sont les plus ennuyeux, de même que les déplacements du zéro qui se produisent pour de fortes torsions, et qui étaient quelquefois si considérables qu'ils rendaient les mesures illusoires. Comme il n'était pas possible de songer à l'acier pour la construction de ces ressorts, j'ai fait des essais avec différents métaux, et j'ai trouvé dans le bronze phosphoreux, une matière ne présentant presque pas les défauts que je viens de signaler. C'est ce métal qui m'a servi uniquement, dans la suite, pour effectuer mes mesures.

Le calibrage se faisait d'après la méthode que l'on sait, en mesurant la variation que fait subir à la durée d'oscillation l'adjonction d'une masse dont le moment d'inertie est connu. Pour cette masse, je me servis surtout d'un anneau de laiton, pesé et mesuré

exactement, quelquefois aussi de deux poids d'aluminium, dont la distance à l'axe de rotation était mesurée exactement au cathétomètre. Les différences n'ont jamais dépassé $^1/_2$ $^0/_0$.

2. *Bobine de calibrage.*

Comme je l'ai déjà mentionné, le calibrage de l'appareil balistique se faisait au moyen d'une petite bobine, dont la surface d'enroulement était connue. Cette bobine était composée d'un cylindre d'ébonite absolument circulaire, dont la valeur moyenne du diamètre, résultant de 25 mesures exécutées systématiquement, était de 21,990 mm. 50 tours de fil A.E.G. émaillé, de 0,2 mm. d'épaisseur, étaient enroulés sur ce cylindre sur un seul rang; le diamètre extérieur était alors de 22,45 mm.; le diamètre moyen était par conséquent de 22,22 mm. et la surface d'enroulsment de 193,9 cm^2.

Pour plus de sécurité, j'ai encore mesuré la bobine par la méthode balistique : je l'introduisis pour cela à l'intérieur d'un grand solénoïde de dimensions connues (longueur 75,18 cm., diamètre au milieu des fils 7,964 cm., 785 tours sur un rang). Ces données permettent de calculer le champ H à l'intérieur du solénoïde :

$$H = \frac{0{,}4\ \pi n}{\sqrt{l^2 + d^2}} = 13{,}048 \text{ gauss}$$

pour un courant de 1 ampère.

La déviation du galvanomètre relié à la bobine de calibrage était pour la moyenne de 10 lectures de 154,70 mm. pour 4 ampères, 173,48 mm. pour 4,5 ampères, par conséquent de 38,62 en moyenne pour

1 ampère. Je plaçai alors autour du solénoïde une bobine de 50 tours et de 8,65 cm. de diam.et mesurai la déviation due à cette bobine. Elle était de 248,40 mm. pour 0,5 ampères, 296,70 mm. pour 0,6 ampères, soit en moyenne 495,6 mm. pour 1 ampère. Le flux qui traverse une bobine extérieure semblable a, avec une grande approximation, la valeur

$$\Phi = \frac{0,1\ \pi^2 n d^2}{l}\left(1 - \frac{d_1^2}{2\, l^2}\right) i$$

où l et d désignent la longueur et le diamètre du solénoïde, d_1 le diamètre de la bobine extérieure. Pour le cas de notre solénoïde, nous obtenons ainsi un flux de 649,30 lignes de force pour 1 ampère, ou 50 fois plus pour 50 tours de la bobine secondaire. Si $50 \times 649,30$ lignes de force correspondent à une déviation de 495,6 mm., la déviation de 38,62 mm. correspond à un flux de 2529,9. Ce sont donc 2529,9 lignes de force qui traversent la bobine de calibrage pour 1 ampère, et comme le champ est de 13,048 gauss, on a pour la surface d'enroulement

$$F = \frac{2529,9}{13,048} = 193,9 \text{ cm}^2,$$

soit exactement la valeur calculée au moyen des dimensions.

Les calibrages au moyen de cette bobine ont été exécutés avant et après chaque série de mesures, afin d'être indépendant de la variation des résistances dans le circuit du galvanomètre. Je n'ai jamais d'ailleurs constaté de grands écarts, sauf quand la bobine primaire avait été considérablement échauffée par l'action prolongée d'un fort courant.

3. *Mesure du champ.*

La mesure du champ se faisait en amenant d'abord la bobine de calibrage dans la bobine à mesurer, puis dans le solénoïde mentionné plus haut, et en comparant les déviations dans les deux cas. En choisissant convenablement l'intensité du courant, il était facile d'obtenir des déviations de valeur commode à mesurer. J'ai trouvé de cette manière, pour la bobine primaire de l'appareil balistique, un champ de 59,6 gauss par ampère, pour les bobines de Helmholtz employée dans la méthode de déflexion, 31,5 gauss par ampère, valeurs qu'on peut considérer comme exactes à 3 ou 4 $^{0}/_{00}$. Des dimensions mal connues de la seconde bobine, j'avais déduit la valeur 32,5.

La mesure du champ de l'électroaimant a été obtenue d'une part par une variante de la méthode que nous venons de décrire et de l'autre avec la balance électro-magnétique absolue de M. Cotton[1]. Les valeurs obtenues d'après les deux méthodes concordent à une approximation de quelques millièmes près.

4. *Détermination du coefficient de désaimantation.*

Bien que l'épaisseur des plaques fût très faible par rapport à leur diamètre, les coefficients de désaimantation atteignaient cependant des valeurs telles qu'il n'était pas possible de négliger le champ de désaimantation. Comme il n'était pas possible de mesurer le champ intérieur, j'ai dû le déduire du champ extérieur et du coefficient de désaimantation des plaques et déterminer par conséquent celui-ci.

[1] *J. de Phys.*, 1900, 3me sér., t. IX, p. 383.

Soit d le diamètre, δ l'épaisseur de la plaque, $m=\frac{\delta}{d}$ le coefficient de désaimantation d'un ellipsoïde dont les axes sont d et δ sera pour les petites valeurs de m :

$$N = \pi^2 \frac{\delta}{d} = 9{,}87 \text{ m.}$$

Si l'on remplace la plaque par l'ellipsoïde de même volume, dont les axes sont par conséquent d et $\frac{3}{2}\delta$, on obtient :

$$N = \pi^2 \frac{3}{2} \frac{\delta}{d} = 14.80 \text{ m.}$$

La valeur exacte du coefficient de désaimantation est probablement comprise entre ces deux chiffres.

Pour déterminer ce coefficient, j'ai mesuré l'aimantation d'une plaque de fer, de dimensions égales à celles de la plaque de magnétite étudiée, avec l'appareil employé pour la méthode balistique. Les champs choisis pour exécuter les mesures étaient tels que le fer y acquérait le maximum de la susceptibilité, et au moyen d'une valeur très grossièrement approchée de celle-ci, j'obtins la valeur exacte du coefficient de désaimantation. Voici les résultats pour les plaques de fer :

Plaque 1	$m = \frac{\delta}{d}$	N	$\frac{N}{m}$
1	0,0241	0,323	13,40
2	0,0162	0,217	13,38
3	0,0171	0,228	13,34
4	0,0104	0,142	13,65
		Moyenne	13,44

La valeur moyenne N = 13,44 m. servit au calcul des coefficients de désaimantation des plaques.

(A suivre.)

LES

PTÉRIDOPSIDES DES TEMPS PALÉOZOÏQUES

ETUDE CRITIQUE

PAR

R. CHODAT

(Suite et fin[1].)

En 1906, M. Kidston[2] a décrit des micrarchidies du type *Crossotheca* portées sur des frondes de *Sphenopteris Hœninghausi*. Ces fructifications *Crossotheca*, prises précédemment pour celles d'une Marattiacée, se trouveraient donc être, selon cet auteur, les appareils mâles des *Lyginodendron*. Or, d'après les découvertes de Miss Benson, ces archidies étaient soudées sur une notable partie de leur longueur en une espèce de synangium comprenant 7 à 10 micrarchidies.

Mais je me hâte d'ajouter que, selon moi, il est bien plus vraisemblable que les archidies nommées par M. Scott *Pteridotheca Williamsoni* sont les micrarchidies des Lagenostoma. Tout d'abord, il est reconnu que le feuillage qui les portait était du type Sphéno-

[1] Voir *Archives*, t. XXVI, septembre 1908, p. 279.

[2] Kidston, Prelim. Note, on occurence of Microsporangia in organic connection with foliage of Lyginodendron, *Proceed. Roy. Soc.*, vol. 76, 1905. *Id.*, *Phil. Transac. Roy. Soc.* (B), 1906.

pteris (vid. Scott, Pres. posit., l. c., p. 184, 1907).

J'ai en 1907, dans une note préliminaire, indiqué l'association constante de ces archidies avec le *Lyginopteris*; cette association est telle que la conviction se fait que les pinnules avec lesquelles on les trouve mélangées étaient celles qui les portaient; l'anneau de ces archidies rappelle celui de certaines Polypodiacées. Dans toutes les sections de feuillage et de frondes de *Lyginopteris*, je les ai rencontrées souvent superbement conservées.

Dans les nombreuses préparations où je les ai trouvées, il n'y avait aucune autre plante qui aurait pu porter ces archidies. Ces plaques ne contenaient que des Lyginopteris et des Lépidodendrées.

J'ai examiné d'une manière méthodique toutes les

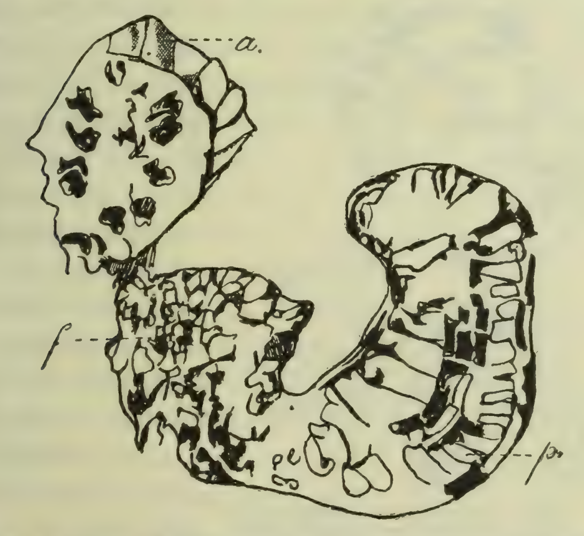


Fig. 1. Micrarchidie du *Rachiopteris aspera* en connexion avec une section de fronde. *a*, micrarchidie annulée contenant des microspores déformées; *f*, section du faisceau; *p*, section dans la portion stérile.

Collection de l'Institut de Botanique de l'Université de Genève, n° 3 (Section faite par M. Lomax).

préparations de Lyginodendron conservées à l'Institut botanique de l'Université ; je n'ai trouvé ces archidies en connexion organique avec le feuillage de *Lyginodendron* que trois fois, alors que j'ai pu examiner des archidies isolées en grand nombre ordinairement mélangées aux débris des frondes. La figure 1 montre un de ces cas où l'archidie est attachée à la marge du limbe, qui est un peu modifié en cet endroit ; les palissades ne sont plus conservées et immédiatement au-dessous aboutit une nervure. Comme l'a déjà dit Scott (l. c.), ces archidies sont sessiles, ou tout au moins courtement pédicellées ; dans lafigure, on voit à la base les cellules allongées qui se continuent dans l'épiderme.



Fig. 2. Micrarchidie du *Rachiopteris aspera* en connexion avec la fronde. *f*, faisceau (comparer avec figure 1, *f*.)
Coll. Inst. bot. Univ. Genève, n° 37. Elle contient: *Lagenostoma ovoïdes*, *Rachiopteris aspera*, et Kaloxylon (racines de Lyginodendron.)

Dans un second cas, l'archidie est aussi superposée à la nervure ; on voit comme un petit enfoncement dans le sommet du limbe ; ici l'archidie est courtement pédicellée (fig. 2). J'ai enfin représenté deux archidies insérées sur l'épiderme d'un lambeau de foliole (fig. 3) ; la structure de ces archidies n'est pas complètement conservée, mais en les comparant avec celles

qui sont dans la même préparation, il ne peut y avoir de doute sur leur identité. J'ai marqué tout à côté un



Fig. 3. Micrarchidies de *Rachiopteris aspera*, en connexion avec l'épiderme de cette fronde. *e*, épiderme (comparer avec fig. 4.)

fragment de feuille de *Lyginopteris* dont on voit l'épiderme (*e*), pour montrer l'identité des tissus épidermiques (fig. 4). Cet exemple nous indique que les archidies de Lyginopteris pouvaient être groupées. Mais il nous enseigne aussi que *Lyginopteris* possédait des archidies qui ressemblent bien plus à celles des Leptosporangiées qu'à celles des Eusporangiées.

Dans cet exemple, la feuille est très bien conservée, sa structure est bien celle d'un Lyginopteris (fig. 1). Comparez avec la figure III de Scott (in Studies in fossil botany).

Il se pourrait aussi que la paroi de l'archidie n'ait pas été unisériée, mais qu'au-dessous des cellules externes dont s'est formé l'anneau, il y ait eu une seconde

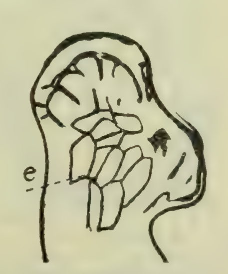


Fig. 4. Section en partie tangentielle de la foliole du *Rachiopteris aspera*. *e*, épiderme (comparer avec fig. 3, *e*.)

couche (v. fig. 5). Le plus souvent, on voit autour des spores un sac qui est peut-être le résidu des cellu-

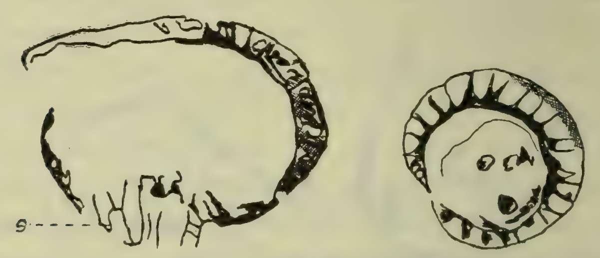


Fig. 5, 6*a*, Id., en *s* le point d'attache, section longitudinale ; *b*, section transversale.

les transitoires (fig. 2, 5, 7). Je n'ai pu déterminer avec certitude quelle étendue occupait l'anneau ; les figures 6 indiquent que ces cellules pouvaient constituer non pas seulement une bande annulaire, mais une surface plus grande (v. fig. 6*b*). A en juger d'après les figures (7, 5), l'anneau devait occuper au moins la moitié du pourtour de l'archidie et peut-être plus (fig. 7).

Dans tous les cas, ce que nous venons d'exposer ne peut concorder avec la théorie de M. Kidston, qui admet que les micrarchidies de *Lyginopteris* étaient du type *Crossotheca*. En effet, d'après cet auteur, les lobes fertiles portaient 6-8 micrarchidies très acuminées qui formaient comme une frange sur le bord de la pinnule. Notre description ne cadre pas non plus avec les suppositions de Miss Benson, qui prétend que l'ap-



Fig. 6*b*. Section tangentielle d'une micrarchidie de *Rachiopteris aspera ;* on voit le développement des cellules épaissies de l'anneau plurisérié.

pareil mâle des *Lyginopteris* était un synange du type *Telangium*.

Mais il nous faut reconnaître que Scott est arrivé très près du but, lorsqu'il dit à ce sujet : « It is obviously difficult to obtain conclusive proof that a given fructification represents the sporangia of a Fern, and not the microsporangia of a Pteridosperm. »

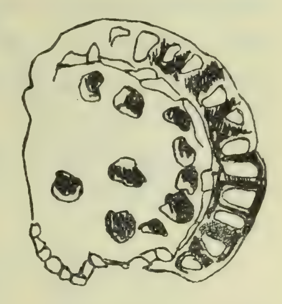


Fig. 7. Section d'une micrarchidie de *Rhacıopteris aspera;* on voit une seconde couche au dessous de l'anneau.

Si cela est, et j'en suis personnellement convaincu, la nature filicéenne des Lyginodendron, qui est déjà si évidente par les raisons indiquées ci-dessus, prendrait une évidence plus grande encore.

Quoi qu'il en soit, la mégarchidie de *Lagenostoma* comprenait un seul tégument adhérent au nucelle, sauf vers le sommet, où le nucelle est séparé du tégument par un espace en forme de cloche autour duquel le bec du tégument est différencié en une zone externe homogène et une zone interne divisée en neuf compartiments par des tissus dont les îlots sont traversés par un faisceau. Le sommet du nucelle (fig. 8) s'élève

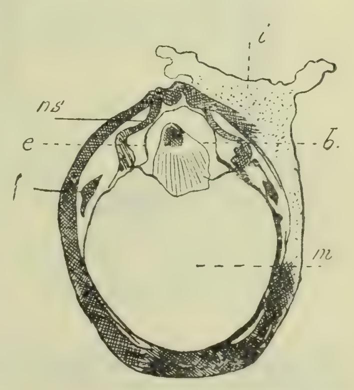


Fig. 8. Section longitudinale du *Lagenostoma ovoïdes*. *i*, arille charnu ; *f*, différenciation dans le tégument; *ns*, portion interne du tégument vers le micropyle ; *e*, épiderme du nucelle ; *b*, bec nucellaire ; *m*, macrospore.
Coll. Inst. bot. Univ. Genève, n° 135.

dans la chambre pollinique, qui n'est limitée vers l'extérieur que par l'épiderme du nucelle. Cette chambre pollinique ne rappelle nullement les chambres polliniques des ovules de Gymnospermes actuellement connues (fig. 9). Dans aucune de nos plantes actuelles, nous ne voyons cette chambre pollinique se développer de la sorte (fig. 13-14). Je vois pour ma part, dans ce fait, une difficulté presque insurmontable à homologuer cette macrarchidie avec celle des Cycadacées.

La cupule ou enveloppe charnue de ces semences était couverte des émergences caractéristiques pour les *Rachiopteris aspera* (fig. 10); elle se divisait plus ou moins au sommet en plusieurs lobes. Il est impossible, à partir des fossiles, de déterminer quel devait être le mode d'attache de ces semences aux frondes de *Rachiopteris (Sphenophyllum).* Mais déjà anciennement (1877), Stur avait décrit une fructification sous le nom de *Calymnotheca Stangeri* sur des

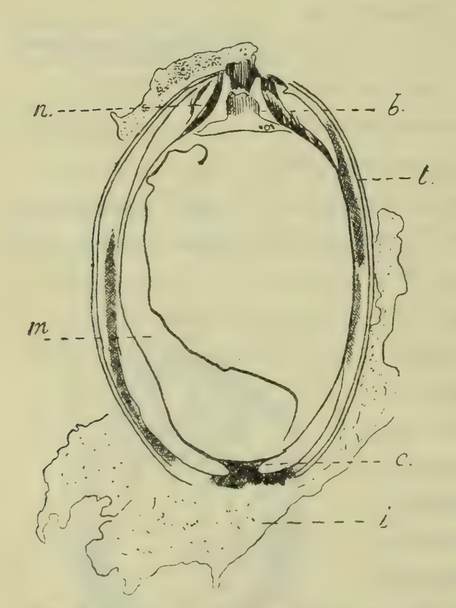


Fig. 9. *Lagenostoma*. *i*, tégument externe ou arille charnu; *t*, tégument; *n*, portion externe du nucelle séparée du bec nucellaire par la chambre pollinique; *m*, macrospore.
Coll. Inst. bot. Univ. Genève, n° 38.

rachis du type *Sphenopteris (S. Hœhninghausi)*, dont il ne reste plus que les cupules. Depuis lors, M. Arber

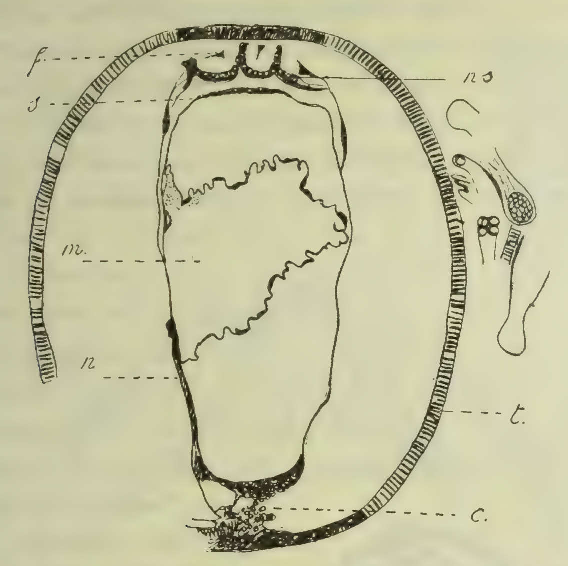


Fig. 10. ***Lagenostoma.*** *t*, tégument, à droite des glandes du type *Rachiopteris aspera ;* *c*, point d'attache du nucelle au tégument; *n*, nucelle, partie inférieure; *ns*, nucelle dans la partie apicale là où il forme une chambre pollinique; *f*, faisceaux du tégument dans la partie micropylaire; *s*, au-dessus est la chambre pollinique.
Coll. Inst. bot. Univ. Genève, nº 35.

a décrit également une impression sous le nom de *Lagenostoma Sinclairi*, qui appartient au même type de ramification *Sphenopteris* et dont les cupules divisées au sommet, enveloppent des corps ovoïdes qui, certainement, représentent des semences qu'on peut rapporter à des *Lagenostoma* [1].

En outre, dans les semences de *Lagenostoma ovoïdes*

[1] Scott, D.-H., The present position, etc. l. c., 199, fig. 30. Arber, E.-A.-N., On some New Species of Lagenostoma a type of Pteridospermous Seed., *Proceed. Roy. Soc. Lond.*, vol. B. 76, p. 245, 1905.

comme dans celles de *L. Lomaxi*: si l'on a trouvé les microspores dans la chambre pollinique, on n'a montré ni l'existence d'un prothalle ni, à plus forte raison, d'embryon dans la macrospore (fig. 10, 12). Il faut donc admettre que ces mégarchidies constituent une catégorie spéciale de semences dans lesquelles le développement du prothalle est tardif. Peut-être ce dernier n'apparaissait-il qu'au moment de la germination, à la façon de celui de la macrospore des *Azolla* et des autres Hydroptéridées. Il sera bon de ne pas être pressé et d'attendre de nouveaux détails avant de conclure. Dans tous les cas, l'origine et la biologie de cette sorte de semences devaient être bien différentes de celles des semences des Gymnospermes.



Fig. 11. Portion du tégument du *Lagenostoma*. Coll. Inst. bot. Univers. Genève, n° 35.

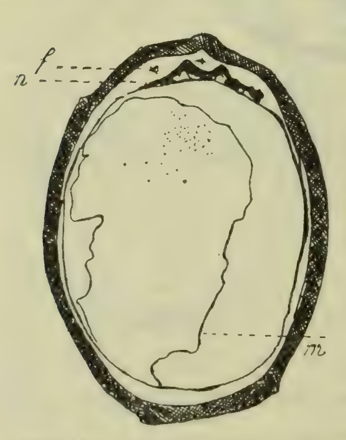


Fig. 12. *Lagenostoma*. Section oblique : *m*, macrospore ; *n*, portion supérieure du nucelle disposé en étoile ; *f*, faisceaux du tégument dans la partie apicale.
Coll. Inst. bot. Univ. Genève, n° 37.

Miss Benson[1] a suggéré l'idée que dans les *Lagenostoma*, l'appareil femelle serait une synarchidie dont l'archidie centrale serait devenue femelle et centrale, tandis que les archidies résiduelles stérilisées se-

[1] Benson, M., Miss, Telangium Scotti, a New Species of Telangium (Calymnotheca, showing structure, *Annals of Botany*, vol. XVIII, 1904, et note prélim., *Ibid.*, XVI, 1902.

raient représentées par les masses séparées par des cloisons, qui forment la zone interne du tégument. C'est là une très ingénieuse idée, mais il faudrait plus de faits qu'on n'en a pour l'étayer sur une base suffisamment solide.

Conclusion : Les *Lyginodendron* étaient des troncs à structure filicéenne qui s'épaississaient par le moyen d'un cambium ; leur feuillage, dans sa structure, était

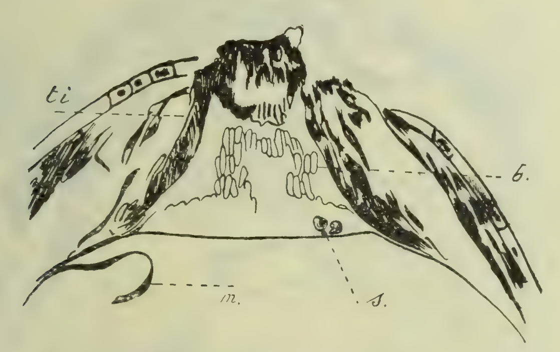


Fig. 13. Sommet d'un sporosperme de *Lagenostoma* (voir fig. —). *ti*, portion interne du tégument ; *b*, bec nucellaire ; *s*, microspores ; *m*, portion de la paroi de la mégaspore.
Coll. Inst. bot. Genève, n° 38.

filicéen, mais il portait, sur des pinnules à peine modifiées, deux sortes d'archidies, des micrarchidies du type des Ptéridinées leptosporangiées et des mégarchidies d'un type spécial contenant une seule mégaspore. Cette mégaspore était incluse dans la mégarchidie, dont la chambre pollinique était produite par le décollement de l'épiderme du nucelle. La formation du prothalle était tardive et, par conséquent, l'apparition de l'embryon différée.

Depuis qu'Oliver et Scott ont fait connaître la première Ptéridinée à semences d'autres auteurs ont com-

plété ces observations par plus d'un fait important. M. Grand'Eury[1] est arrivé à cette conception que beaucoup de Ptéridinées du Primaire telles que les *Neuropteris*, *Odontopteris*, *Linopteris*, *Lonchopteris* étaient des plantes à semences et d'affinité cycadéenne. Mais il a ajouté à cette conviction la belle découverte que le

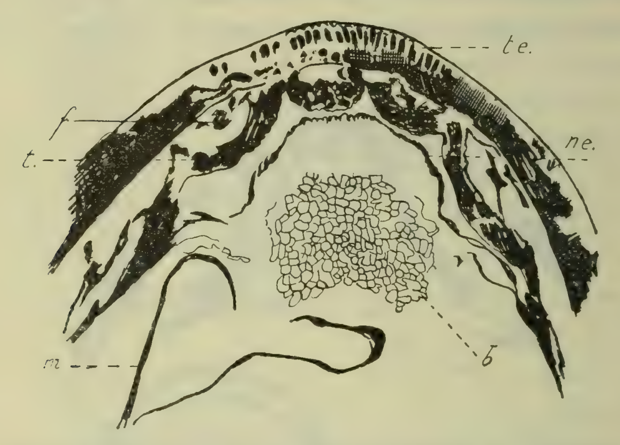


Fig. 14. *Lagenostoma*, détail de la région micropylaire; *te*, tégument; *f*, faisceau du tégument; *t*, portion interne du tégument; *ne*, épiderme du nucelle; *b*, bec nucellaire; *m*, macrospore.

Pteropteris Plucknetii, du Carbonifère supérieur de St-Etienne, portait sur ses frondes des centaines de petites semences (*Carpolithes granulatus*) à tégument samaroïde.

Nous avons nous-même signalé des semences portées sur des frondes de *Neuropteris auriculata*. Le fossile sur lequel nous avons fait cette observation était conservé dans la galerie de phytopaléontologie du Mu-

[1] Grand'Eury, C., Sur les graines des Névroptéridées, *C. R. Ac. Sc.*, vol. CXXXIX, p. 782, 1904; id., Sur les graines trouvées attachées au Pteropteris Pluckneti, *C. R.* CXL, p. 920, 1905.

seum de Genève ; il est étiqueté : *Neuropteris auriculata* Bron. Stéphanien, Millerey près d'Autun.

Sur cette plaque (fig. 14) sont plusieurs sporospermes samaroïdes à indusium plus ou mois écrasé,



Fig. 15. *Neuropteris auriculata* Br. 1 (gauche) sporosperme, le nucelle et son micropyle enfoncé, arille samaroïde ; 2 (gauche et bas) id. plus grossis, connexion entre le sporosperme et une portion de fronde ; 3 (au milieu) terminaison de fronde portant deux sporospermes brisés ; 4 (droite) fronde portant à gauche un sporosperme. Gross. : 1 = 1 1/3 ; 2 = 2 X ; 3 = 2 X ; 4 = 2 X.
Collection phytopaléontolog. Museum, Genève.

de là les formes différentes de l'aile qui est échancrée au sommet, où l'on remarque une espèce de micropyle ; en trois endroits on peut voir ces sporospermes en connexion avec la fronde ; malheureusement, le n° 3 est rompu un peu au-dessus du point d'attache des sporospermes.

Il sera intéressant de rechercher dans les fossiles de

même provenance, d'autres exemples de cette fructification.

M. Seward a décrit sommairement de petites semences samaroïdes qui accompagnent habituellement le feuillage des *Glossopteris*. Ce sont de très petites semences du même type que les précédentes. (*Glossopteris Browniana*. Vd. Permocarboniferous plants from Zululand and Natal, Transact. Geolog. Soc. S. Africa, vol. X. Plate VII, fig. 110). Les microspores étaient probablement enfermées dans des micrarchidies groupées en sores astéroïdes.



Fig. 16. Foliole grossie d'un *Rachiopteris aspera*, dont la fig. 1 donne la section.

Récemment, M. Arber a décrit, sous le nom de *Carpolithes Nathorsti* (Ann. of Bot. 1908, Pl. VI, un fossile dont l'apparence est d'un *Sphenopteris*, ou peut-être d'un Ginkgoale, dont les ramifications portent des semences arillées qui rappellent celles du *Lagenostoma Sinclairi* Arber.

Ainsi, tout nous porte à croire que les Ptéridinées des temps primaires, non seulement ont acquis le pouvoir d'épaissir leur bois par une assise génératrice, mais que la différenciation de leurs spores a été jusqu'à les amener aux confins du règne des *Spermaphytes*[1].

On connaît depuis longtemps des troncs fossiles ap-

[1] Voir sur ce sujet Oliver et Scott, l. c. Scott, Studies in fossil Botany. Scott, The present position of palæozoïc Botany, l. c.

partenant à diverses espèces qui ont été réunies sous le nom générique de *Medullosa*. Solms a montré que les pétioles anciennement connus sous le nom de *Myeloxylon* appartenaient à ces stipes *Medullosa*. Enfin, il a été prouvé par Renault que les frondes *Alethopteris lonchitica* étaient le feuillage de ces troncs et de ces pétioles, dont on connaissait fort bien l'anatomie (Comptes rendus, Ac. Sc., vol. XCIV, p. 1737, 1882).

Les Médullosées représentent donc un second type de Pteridophyte à feuillage mégaphyllide et à accroissement secondaire du bois. Dans ces troncs âgés, on trouve, non pas comme dans ceux de *Lyginodendron Oldhamium* un anneau de deutéro-xylème, mais plusieurs anneaux libéro-ligneux secondaires. Tout autour de ces stipes sont d'énormes coussinets foliaires recouvrant une écorce plus ou moins épaisse. Chaque anneau ligneux secondaire est dépourvu de moelle; le centre est occupé par du bois primaire disposé en apparence comme dans la stèle d'une Fougère Gleichéniacée, mais ici les protoxylèmes sont nettement externes et jamais on ne rencontre la structure appelée mésarque par Williamson et Scott. Le développement de ce bois primaire est donc nettement centripète; dans les feuilles, c'est-à-dire dans la base des pétioles, il y a un grand nombre de faisceaux à bois nettement centripète, exactement du même type que le faisceau centripète des Cycadacées, mais qui sont dépourvus

[1] Gœppert, H.-R. et Stenzel, G., *Die Medullosæ, Paleontographica*, vol. XXVIII, 1881.

[2] Scott, H., On Medullosa anglica, a new representative of the Cycadofilices, *Phil. Transact. Roy. Soc.*, vol. 191 B.

de bois centrifuge. Enfin, des canaux accompagnés de paquets de fibres à la périphérie, prennent une disposition plus ou moins radiaire. Les folioles ont été décrites par Renault (1893) et sont du type *Alethopteris*. Cette description sommaire, qui convient au *Medullosa anglica* doit être un peu modifiée s'il s'agit des *Medullosa* continentaux, dont quelques espèces *Myeloxylon Landrioti* (Ren.) (vid. Engl. Nat. Pflz. Fam., I. Teil, IV Abth., p. 791) ont, outre le bois centripète, des rudiments de bois centrifuge comme chez les Cycadacées. Enfin, chez ces dernières espèces, les anneaux libéro-ligneux peuvent être plus nombreux et de formes différentes, les uns à section circulaire et petits, les autres à section plus ou moins allongée et ondulée.

Que faut-il penser de ces plantes quant à leurs affinités? Evidemment, leur structure est bien particulière et l'établissement d'une famille des *Médullosées* paraît justifié. Mais faut-il rapprocher cette famille des Fougères ou des Cycadacées. Je pencherais pour la seconde alternative, ne pouvant reconnaître dans cette anatomie aucun signe bien marqué d'affinité filicéenne. (Voir Bertrand et Cornaille, l. c.) Des Cycadacées actuelles, elles diffèrent par la présence de xylème primaire centripète remplissant la moelle; mais il semble que les faisceaux médullaires peuvent disparaître du tronc dans certaines familles. Ainsi chez les *Stigmaria*, organes souterrains des *Lepidodendron*, le bois centripète est ordinairement absent; mais M. Weiss a montré récemment que l'on peut trouver des *Stigmaria* avec bois centripète (*Ann. of. Bot.*, 1908).

D'ailleurs, la comparaison des structures des divers Lépidodendron amène à cette conclusion que, dans

une série de développement, la protostèle avec protoxylèmes périphériques et bois primaire métaxylème centripète qui remplit toute la moelle (*L. selaginoides*), peut faire place à une siphonostèle où les faisceaux centripètes sont unis en un anneau entourant une moelle (*L. Harcourti*, *Psilotum*), puis en faisceaux ovales disposés en un cercle (*Sigillaria*), et enfin disparition de ces faisceaux (*Stigmaria* p. p.).

L'anneau ligneux secondaire prenant de l'importance, les faisceaux centripètes disparaissent. Il y a alors lieu de supposer que du faisceau centripète chez ces plantes à structure simplifiée, il ne reste plus que le pointement trachéen et le tissu entourant, distinct de la moelle et auquel on a donné le nom d'endoxyle ou parenchyme vasculaire. Dans le tronc des Cycadacées actuelles, une suppression analogue a eu lieu; mais leurs faisceaux foliaires retiennent ce caractère primitif du bois centripète.

Quant à la disposition du bois en plusieurs protostèles, entourées par des anneaux distincts de deutéroxylème, elle trouverait peut-être son explication dans la présence chez les Cycadacées, à la phase de la germination, dans l'axe de la plantule, de plusieurs anneaux libero-ligneux disposés comme ils le sont dans les Médullosées.

M. Matte, dans son étude sur la structure des Cycadacées, énumère les genres suivants qui possédaient cette curieuse disposition : *Cycas* (*siamensis*, *Seemanni*, *revoluta*), *Encephalartos* (*harrida*), *Macrozamia* (*Denissonii*), *Bowenia* (*spectabilis*). M. Worsdell[1] a com-

[1] The structure and origine of Cycadaceæ, *Ann. of Bot.*, XX, 1906, p. 130.

plété cette découverte, mais il en tire des conclusions sur lesquelles nous réservons notre opinion. Il serait trop long d'en faire ici la critique.

Les Médullosées nous apparaissent donc comme des Protocycadacées.

Dernièrement, M. Scott[1] a décrit un nouveau genre de Médullosée *Sutcliffia*. Nous avons eu l'occasion de l'étudier dans la collection de Candolle, mise aimablement à notre disposition par M. C. de Candolle.

Il s'agit chez ces plantes de troncs qui ne diffèrent essentiellement des *Medullosa* que par l'absence habituelle de bois secondaire ; ce n'est que par place qu'on voit se marquer un commencement de structure ligneuse secondaire.

On ne sait pas quel était le feuillage de ces Sutcliffia.

Mais il nous paraît que c'est bien à tort qu'on rapprocherait *Sutcliffia* d'*Heterangium* ; chez ce dernier, là où la structure est bien conservée, le divergeant du type *Osmunda* est visible même au pourtour de la moelle ; de ce divergeant (faisceau mésarque de Scott), s'étend un métaxylème assez développé qui occupe la majeure partie de cette moelle ; cela donne une certaine ressemblance à cette portion du cylindre central de ces deux genres ; mais ce caractère se retrouverait aussi chez le *Lepidodendron selaginoides*, qui est d'une toute autre affinité. La trace foliaire de *Heterangium*, ordinairement géminée, est du type *Lyginodendron*.

D'ailleurs, il est extrêmement probable que le feuillage de ces Hetérangium, dont on connaît maintenant

[1] Scott, D.-H., On Sutcliffia insignis, a new type of Medulloseæ from the lower Coal-Measure, *Transact. Linn. Soc. Bot. Lond.*, vol. VII, 1906.

deux espèces (*H. Griewei* et *H. tiliœoïdes*), étaient aussi du type *Sphenopteris*.

Au cours de toutes ses recherches sur les affinités des fossiles Ptéridopsides, M. Kidston a fait l'importante découverte que sur un feuillage Néuropteris, était attachée une semence plus ou moins arillée, grosse et allongée.

C'était la première fois qu'on trouvait *en connexion* une semence vraie avec un feuillage filicéen. De quelle nature sont ces *Neuropteris*; faut-il les considérer comme plus voisins des Médullosées que des Lyginodendrées ! C'est ce que rien ne démontre aujourd'hui.

Mais il devient extrêmement probable qu'aux frondes Alethopteris, dont on sait qu'elles étaient le feuillage des *Medullosa*, étaient attachées des semences du type *Trigonocarpus*. Ces semences, connues depuis longtemps, portent en effet des caractères cycadacéens (v. Scott et Maslen, *The structure of Trigonocarpus*, Annals of Botany, vol. XXI, 1907, p. 89, tab. XI-XIV).

Elles diffèrent essentiellement des mégarchidies de *Lyginodendron* par la forme normale de leur chambre pollinique et par l'absence du tissu disposé en chambres au sommet du tégument. Ces semences, qui abondent dans les fossiles à *Medullosa*, sont très probablement celles de ces Protocycadacées[1] ; elles ont, comme beaucoup de semences de Cycadacées, un double système de faisceaux, l'extérieur dans la portion interne du sarcotesta, l'autre à la périphérie du nucelle, comme

[1] Brongniart, A., Recherches sur les graines fossiles silicifiées, Paris, 1881.

cela a lieu chez les Cycadacées actuelles (*Cycas circinalis*).

Par ce caractère, les semences des *Trigonocarpus* et des espèces voisines[1] diffèrent essentiellement de celles du *Lagenostoma Lomaxi* ou du *Lagenostoma ovoïdes*, qui ne comprenaient qu'une série de faisceaux dans le tégument (comme chez les semences des *Ginkgo* actuels) (v. Sprecher, *Le Ginkgo biloba*, p. 136). De tout ce qui précède on peut tirer la conclusion que parmi les Ptéropsidées du Carbonifère, les unes étaient de vraies Ptéridinées qui s'étaient élevées jusqu'à un stade où, dans la mégarchidie, la macrospore devenue incluse réalisait le pas qui mène de la Cryptogamie à la Phanérogamie, de la formation de spores à la production de semences (Lagenostoma). Ces macrospores tégumentées n'étaient pas encore des sacs embryonnaires au sens propre du mot, produisant de bonne heure un prothalle inclus; ce dernier, sans doute formé après la dissémination, restait vraisemblablement engagé dans la macrospore au moins par sa base, comme cela a lieu encore aujourd'hui chez les Hydropteridées.

Quant à sa partie supérieure, elle se frayait sans doute un chemin vers l'extérieur, remplaçant le mamelon nucellaire qui facilitait sa sortie hors de la macrospore; la fécondation pouvait se faire alors grâce à la présence des microspores dans la chambre pollinique. Peut-être aussi, la germination était-elle rapide à la façon de celle d'un *Selaginella* ou d'une Hydroptéridée.

[1] Vide, Oliver. Notes on Trigonocarpus and Polylophospermum, *New Phytologist*, vol. III, p. 96, Pl. II, 1904.

Rien, en effet, ne démontre que, dans les PSEUDOSEMENCES de *Lagenostoma*, l'embryon restait inclus dans la semence, comme chez les plantes supérieures. Je n'affirme pas qu'il n'en soit ainsi, je dis seulement que rien ne laisse supposer que la macrospore tégumentée de *Lagenostoma* ait été en fin de compte une semence du type Phanérogame. Si *Lagenostoma* est une Fougère et je crois avoir montré que tout parle en faveur de cette exclusive affinité, il faut alors chercher chez ces plantes l'explication du mode de formation probable du prothalle et de l'embryon.

Chez les Hétérosporées (*Salvinia*, *Azolla*, *Marsiliacées*), le prothalle, non cloisonné, reste inclus par sa partie inférieure dans la macrospore, tandis que la partie supérieure fait saillie ; il n'est donc pas interdit de supposer que le sporosperme[1] de Lagenostoma se comportait de même ou d'une manière analogue.

Nous avons d'ailleurs chez les plantes supérieures plus d'une analogie ; la saillie de l'endosperme des *Ginkgo* est une indication que, primitivement, les prothalles n'étaient qu'à demi-inclus ; la production de chambres polliniques était sans doute tout d'abord en relation avec la sortie de la portion du prothalle qui portait les archégones. Le verdissement du prothalle de *Ginkgo* est encore une indication qui parle en faveur de la théorie du prothalle en partie autophyte. Chez beaucoup de Gamopétales, le sac embryonnaire fait saillie hors du nucelle.

Tout en estimant à une haute valeur l'importante découverte de MM. Oliver et Scott, je préfère rester

[1] Je donne provisoirement ce nom à ces mégarchidies, qui sont à la limite des ovules.

encore prudent quant à l'identification du sporosperme des *Lagenostoma*. Nous connaissons d'ailleurs des cas analogues, par exemple dans le *Lepidocarpus Lomaxi*[1], où une macrospore de Lépidodendrée remplaçant les macrospores multiples habituelles des *Lepidostrobus*, non seulement reste incluse dans l'archidie, mais est encore indusiée, comme le sont les semences. Seulement ici, c'est le sporophylle qui détache une enveloppe qui s'élève tout autour de la mégarchidie.

Chez les *Miadesmia*, espèce de Lycopodinée (Bertrand), la mégarchidie ne contient plus qu'une mégaspore et est elle-même entourée par un tégument formé par la surface du sporophylle.

Entre ces *Miadesmia* qui, au point de vue des spores, représentent le type le plus élevé des Lycopodinées, et les *Lepidostrobus* à mégaspores nombreuses, vient se placer le genre *Selaginellites*[2].

Ainsi nous possédons actuellement, dans une famille homogène de Pteridophyte, tous les stades qui mènent des archidies isosporées aux archidies hétérosporées et finalement à celles qui ont beaucoup de mégaspores (*Selaginellites Suissei* Zeill.)[3], peu de mégaspores (*Selaginella* actuels, *S. primævus*), et une mégaspore indusiée, morphologiquement voisine des semences (*Miadesmia membranacea*)[4].

A côté des Fougères à sporospermes[5], existaient dans

1 Benson, *Brit. Assoc.*, 1902, The seedlike fructification.

2 Halle, *Arkiv f. Botanik*, 1908, n° 6.

3 Zeiller, Etude sur la flore fossile de Blanzy, 1906.

4 Scott, D.-H., The Seedlike Fructification of Lepidocarpon, a Genus of Lycopodiaceous Cones from the carboniferous Formation, *Phil. Transact. Roy. Soc.*, 1901.

5 Kidston, *Proceed. Roy. Phys. Soc. Edimb.*, 1886.

les temps primaires des Protocycadacées dont la structure anatomique, plus primitive que celle des Cycadacées actuelles, fait aussi supposer une semence moins évoluée (*Trigonocarpus*, *Medullosa* à feuillage *Alethopteris*).

Enfin, des Fougères dont l'anatomie n'est pas connue, les *Neuropteris* et les *Pecopteris*, portaient également des sporospermes munis d'une espèce d'arille et pourvus de côtes sur le nucelle.

Il est, dans l'état actuel de la science, impossible de dire à quel groupe de Ptéridospermes il faut rattacher ces végétaux, Neuroptéridées et Pécoptéridées.

C'est ainsi que beaucoup de Fougères des temps paléozoïques doivent quitter leur rang actuel de Ptéridinées vraies, pour entrer dans celui des Ptéridospermes, groupe artificiel créé pour réunir les divers types de Ptéridinées à sporospermes.

Il reste toutes les empreintes de Fougères auxquelles on a attribué la valeur de Marattiacées, à cause de leurs archidies groupées en synanges, mais dont on connaît très imparfaitement la structure. Il se pourrait que plus d'une de ces Marattiacées soit en fin de compte l'état mâle d'une Ptéridosperme.

Il reste enfin le groupe complexe et problématique des Botryoptéridées, dont on commence à connaître la structure anatomique et qui paraît comprendre des plantes d'affinités diverses.

C'est ainsi que les *Zygopteris* se rattachent aux Fougères par leurs divergeants fermés et en apparence centripètes, tandis que les *Stauropteris*, avec leur bois en croix, semblent avoir eu un développement ligneux centripète, mais les récents travaux de M. P. Bertrand tendent à ramener ces plantes au type *Zygopteris*. Les

archidies de ces plantes terminaient des rachis ramifiés sans appendices foliacés; ces archidies, dont la paroi était plurisériée[1], portaient des cellules de déhiscence en bandes ou en plaques. Nous reviendrons, dans un autre article, sur les affinités de ces Fougères énigmatiques. Mais, dès maintenant, on peut affirmer avec MM. G.-C. Bertrand et P. Bertrand (in litt.), que ces formes ne conduisent pas à des Phanérogames, mais révèlent des séries nouvelles que les plantes vivantes ne permettaient pas de soupçonner.

Ainsi, dès les temps primaires apparaît la structure secondaire; les Ptéridinées portent des espèces de semences; les Lycopodinées et les Equisétinées tendent vers la sporospermie; des Protocycadacées évoluent vers des types cycadéens; des Progymnospermes comme les Cordaïtées, des Conifères comme les *Walchia*, tous constituent des groupes systématiques aussi distincts que ceux d'aujourd'hui.

Il faut, si l'on veut rester prudent, convenir que l'étude des fossiles, tout en nous fournissant des aperçus nouveaux sur la flore des temps primaires, n'est pas venu donner la solution si longtemps cherchée par d'autres procédés, à cette question de l'origine des groupes et des espèces.

Cette étude nous laisse entrevoir la possibilité d'une évolution, elle ne la démontre pas.

Dans tous les cas, les origines des Conifères et des Angiospermes restent tout aussi mystérieuses que précédemment.

[1] Scott, D.-H., The sporangia of Stauropteris Oldhamia, *Nev Phytologist*, IV, 113, 1905. The occurence of germinating Spore, in Stauropteris Oldhamia, *New Phytolog.*, V, 170.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE GENÈVE

Séance du 14 mai 1908.

A. Pictet et J. Breslauer. Essais de synthèses dans la série de l'isoquinoléine. — F. Reverdin. Nitration de l'acide p-oxybenzoïque. — F. Reverdin et A. de Luc. Dérivés du p-aminophénol. — St. Opolski et A. Hantzsch. Ethers de l'hexanitrodiphénylamine. — E. Khotinsky et B. Seregenkoff. Action des composés organomagnésiens sur l'orthosilicate d'éthyle. — E. Ferrario, G. Bosshardt et G. Pollini. Remplacement des groupes méthoxyle et éthoxyle par des radicaux aromatiques. — A. Kaufmann et R. Radosevic. Nitration du carbostyrile et de la méthylquinolone.

M. le prof. A. Pictet rend compte de quelques essais, faits avec la collaboration de M. J. Breslauer, en vue de la *préparation synthétique de l'isoquinoléine et de ses dérivés* à partir de la benzylamine et de la phényléthylamine.

M. Frédéric Reverdin a nitré l'acide p-oxybenzoïque au moyen de l'acide nitrique de densité 1,4, ainsi que Barth et Salkowski l'avaient fait autrefois. Il a constaté qu'il se forme de l'acide oxy-4-dinitro-3-5-benzoïque, mais en même temps de l'acide mononitré et du dinitro-2-4-phénol, et que ces produits sont faciles à séparer en mettant à profit leurs différentes solubilités dans le benzène.

Cette expérience montre que l'acide obtenu par nitration directe est bien, comme on pouvait du reste s'y attendre d'après les travaux d'autres auteurs, identique à celui qui a été préparé autrefois par Salkowski, et plus tard par

Jackson et Ittner en partant de l'acide chrysanisique. Le doute qui existait à ce sujet, ainsi que le point d'interrogation qui l'exprime dans le traité de Beilstein, doivent donc disparaître.

M. Frédéric REVERDIN ajoute qu'il a préparé, avec M. A. DE LUC, un certain nombre de *dérivés du p-aminophénol*, dans lesquels les résidus $C_6H_4.CH_3.SO_2$ (1.4), C_6H_5CO, CH_3, etc. ont été introduits alternativement dans le groupe OH et dans le groupe NH_2, ces deux groupes étant simultanément substitués par des résidus différents. Les auteurs ont entre autres obtenu, en partant du *métol* (monométhylaminophénol), le composé $C_6H_4(O.SO_2.C_6H_4.CH_3)(NH.CH_3)$ F. 134°, et en partant de la *p-anisidine* le composé $C_6H_4(OCH_3)(NH.SO_2.C_6H_4.CH_3)$ F. 114°; de même (avec le métol) le corps $C_6H_4(O.CO.C_6H_5)(NH.CH_3)$ F. 173-174°, et (avec l'anisidine) le dérivé déjà connu $C_6H_4(OCH_3)(NH.CO.C_6H_5)$ F. 154-155°.

Ces produits, et d'autres encore, ont été obtenus en faisant réagir les chlorures d'acides, en présence d'acétate de soude, de carbonate de soude, ou de soude caustique, sur le p-aminophénol ou ses dérivés méthylés. Ils ont été préparés dans le but de continuer les recherches entreprises par l'auteur sur la nitration des dérivés du p-aminophénol.

M. St. OPOLSKI communique les résultats d'un travail sur les *éthers de l'hexanitrodiphénylamine*, qu'il a commencé à Leipzig avec M. le prof. A. HANTZSCH, et terminé au laboratoire de Chimie organique de l'Université de Genève. Ce travail a fourni la preuve qu'il existe deux séries d'éthers isomériques de l'hexanitrodiphénylamine : des *N-éthers* stables et de couleur jaune, possédant la formule

$$(NO_2)_3C_6H_2 - NR - C_6H_2(NO_2)_3$$

et des *O-éthers* de couleur foncée, instables, auxquels on doit attribuer la formule quinoïdique

$$(NO_2)_3C_6H_2 - N = C_6H_2(NO_2)_3 = NO_2R$$

L'auteur a pu obtenir un de ces derniers, l'O-éther méthylique, par méthylation directe du sel d'argent dans certaines conditions. Il forme de petits cristaux presque noirs, qui se dissolvent en violet dans le benzène et dans l'acétone; ces solutions sont instables, la substance y subissant avec une grande facilité, soit une décomposition, soit une transformation en N-éther.

Ces recherches montrent que l'hexanitrodiphénylamine est un composé tautomérique, ou un pseudo-acide, et que ses sels, qui sont de couleur foncée (rouge ou violette), doivent être regardés comme possédant la structure quinoïdique.

M. E. Khotinsky a continué, en collaboration avec M. B. Seregenkoff, à étudier *l'action des composés organo-magnésiens sur l'orthosilicate d'éthyle.* Comme complément à la communication qu'il a faite sur ce sujet dans une précédente séance [1], il ajoute ce qui suit :

L'*iodo-m-xylène*, mis en contact avec la quantité calculée de magnésium en présence d'éther sec, et additionné après la réaction d'une molécule d'éther silicique, fournit le composé

$$Si(OC_2H_5)_3$$
$$CH_3 \quad CH_3$$

(point d'ébullition 268-271°), lequel, saponifié par l'acide iodhydrique, se transforme dans l'acide

$$SiOOH$$
$$CH_3 \quad CH_3$$

fusible à 118-121°. Il se forme en même temps, dans cette dernière réaction, un corps infusible, dont la composition répond à la formule $C_{24}H_{28}SiO_7$, et qui est probablement l'analogue de l'acide trisilicobenzoylsilicique de Polis.

Avec la β-*iodonaphtaline,* les auteurs ont obtenu l'éther

[1] *Archives* **25**. 516.

$C_{10}H_7.Si(OC_2H_5)_3$, bouillant à 270-273°, qui, saponifié par l'acide sulfurique concentré, fournit l'acide $C_{10}H_7.SiOOH$, fusible à 248-250° ; mais il y a en même temps sulfonation partielle, avec formation du composé $C_{10}H_6(SiOOH)(SO_3H)$, fusible à 88-90°.

Enfin les auteurs ont préparé un sel potassique de l'acide α-siliconaphtoïque, en mélangeant en solution éthérée les quantités calculées de cet acide et d'éthylate de sodium. Après évaporation de l'éther, il reste un sel jaune, qui fond à 76-78°.

M. E. Ferrario fait une communication sur le *remplacement des groupes éthoxyle et méthoxyle par des radicaux aromatiques* (travail exécuté en collaboration avec MM. G. Bosshardt et G. Pollini).

M. A. Kaufmann, pour faire suite aux recherches qu'il a faites précédemment avec MM. H. Decker et H. Hussy sur la nitration de la quinoléine[1], a entrepris, avec M. R. Radosevic, une étude semblable de la *nitration de la N-méthyl-α-quinolone et du carbostyrile.* Avec ces deux corps les auteurs ont obtenu d'abord des dérivés mononitrés dans la position 6, puis, par nitration subséquente, un mélange des produits dinitrés 5.6 et 6.8, et enfin un seul isomère trinitré 5.6.8.

Ce même isomère trinitré s'obtient par nitration de la 8-nitro-N-méthyl-α-quinolone, mais ici on n'obtient, comme produit intermédiaire, qu'un seul dérivé dinitré, qui est 6.8. La nitration des mononitroquinolones a donc lieu semblablement à celle des mononitroquinoléines, avec cette différence que, dans le premier cas, elle aboutit à des produits trinitrés.

[1] *Archives* **24**. 423.

Séance du 6 juillet.

A. Pictet et M. Finkelstein. Essai de synthèse de la papavérine. — J. Tscherniak et A. Bach. Préparation de la peroxydase. — E. Khotinsky et W. Jacopmann. Nouvelle synthèse de la vanilline. — E. Ferrario. Essais divers. — A. Kaufmann, A. Albertini et M. Holsboer. Cyanures des bases cyclammonium.

M. le prof. Amé Pictet rend compte d'un *essai de synthèse de la papavérine*, qu'il a fait avec Mlle M. Finkelstein, en prenant comme points de départ la vanilline et l'eugénol, et en utilisant les réactions suivantes :

1° Transformation de la vanilline en homovératrylamine :

$$(CH_3O)(HO)C_6H_3\text{—}CHO \rightarrow (CH_3O)(CH_3O)C_6H_3\text{—}CHO$$

$$\rightarrow (CH_3O)(CH_3O)C_6H_3\text{—}CH = CH - COOH \rightarrow (CH_3O)(CH_3O)C_6H_3\text{—}CH_2.CH_2.COOH$$

$$\rightarrow (CH_3O)(CH_3O)C_6H_3\text{—}CH_2.CH_2.CO.Cl \rightarrow (CH_3O)(CH_3O)C_6H_3\text{—}CH_2.CH_2.CO.NH_2$$

$$\rightarrow (CH_3O)(CH_3O)C_6H_3\text{—}CH_2.CH.NH_2$$

2° Transformation de l'eugénol en chlorure homovératrique :

$$(CH_3O)(HO)C_6H_3\text{—}CH_2 - CH = CH_2 \rightarrow (CH_3O)(CH_3COO)C_6H_3\text{—}CH_2 - CH = CH_2$$

$$\rightarrow (CH_3O)(CH_3COO)C_6H_3\text{—}CH_2 - COOH \rightarrow (CH_3O)(HO)C_6H_3\text{—}CH_2.COOH$$

$$\rightarrow (CH_3O)(CH_3O)C_6H_3\text{—}CH_2.COOH \rightarrow (CH_3O)(CH_3O)C_6H_3\text{—}CH_2.COCl$$

3° Combinaison de l'homovératrylamine et du chlorure homovératrique, avec formation du composé

$$\begin{matrix} CH_3O \\ CH_3O \end{matrix} C_6H_3 \, CH_2.CH_2.NH.CO.CH_2 \, C_6H_3 \begin{matrix} OCH_3 \\ OCH_3 \end{matrix}$$

4° Traitement de ce composé par divers agents déshydratants ($ZnCl_2, H_2SO_4, P_2O_5$), dans le but d'opérer une condensation dans le sens de l'équation suivante, avec formation d'une dihydro-papavérine, ou, dans le cas probable d'une oxydation simultanée, de la papavérine elle-même :

$$\begin{matrix} & & H_2 & \\ & & C & \\ CH_3O & & & CH_2 \\ & C_6H_3 & & | \\ CH_3O & & & NH \\ & & OC & \\ & & | & \\ & & CH_2 & \\ & & | & \\ & & C_6H_3 & \\ & & & OCH_3 \\ & & OCH_3 & \end{matrix} = H_2O + \begin{matrix} & & H_2 & \\ & & C & \\ CH_3O & & & CH_2 \\ & C_6H_2 & & | \\ CH_3O & & & N \\ & & C & \\ & & | & \\ & & CH_2 & \\ & & | & \\ & & C_6H_3 & \\ & & & OCH_3 \\ & & OCH_3 & \end{matrix}$$

Toutes les réactions indiquées ci-dessus ont pu être exécutées sans difficultés, à l'exception de la dernière qui, malgré de nombreux essais, ne s'est accomplie jusqu'ici que d'une manière très imparfaite. Les auteurs ont cependant obtenu une faible quantité d'une base cristallisée, qui donne les réactions colorées de la papavérine, et dont ils poursuivront l'étude.

M. J. Tcherniak a fait, en collaboration avec M. A. Bach, un très grand nombre d'essais pour obtenir la *peroxydase* à l'état chimiquement pur. Le meilleur procédé consiste à précipiter d'abord les impuretés au moyen de l'acétate basique de plomb, à éliminer l'excès de plomb par le carbonate de soude, et à soumettre enfin le filtratum à la dialyse. Les auteurs ont réussi ainsi à préparer un échan-

tillon de peroxydase renfermant 81,66 % de substance organique, 3,44 % d'azote et seulement 1,47 % de cendres, et activant 22,7 parties de peroxyde d'hydrogène. La peroxydase la plus pure connue jusqu'ici, et préparée par M. de Stœcklin[1] suivant le procédé de MM. Bach et Chodat, contenait 65,88 % de matière organique, 3,43 % d'azote et 22,71 % de cendres, et n'activait que 2 parties de peroxyde d'hydrogène.

M. E. KHOTINSKY annonce qu'il a réalisé, avec M. W. JACOPMANN une *nouvelle synthèse de la vanilline* en partant du m-crésol. On sait que celui-ci fournit par nitration deux isomères : l'o-nitro-m-crésol, fusible à 127°, et le p-nitro-m-crésol, fusible à 56°. En méthylant ce dernier au moyen du sulfate de méthyle, les auteurs ont obtenu le m-méthoxy-p-nitro-toluène (point de fus. 58°) déjà préparé par Reissert. Traité par le soufre et la soude en solution alcoolique, ce composé est à la fois oxydé et réduit, conformément à la réaction découverte par Geigy et C[ie] chez le p-nitrotoluène, et se transforme en aldéhyde m-méthoxy-p-aminobenzoïque (point de fus. 101-102°), identique à celle de Böhringer et Fils.

Il ne reste plus qu'à diazoter cette amino-aldéhyde pour obtenir la vanilline :

CH_3 / OH / NO_2 → CH_3 / OCH_3 / NO_2 → CHO / OCH_3 / NH_2 → CHO / OCH_3 / OH

M. E. FERRARIO décrit divers essais qu'il a exécutés avec MM. Skwortzoff, Cirio, Weber, Grimm, Harnack et M[lle] Neumann.

M. A. KAUFMANN a préparé, avec la collaboration de MM. A. ALBERTINI et M. HOLSBOER, une série de *cyanures*

[1] E. de Stœcklin. Contribution à l'étude de la peroxydase. Thèse. Genève 1907.

des bases cyclammonium, en faisant agir à froid le cyanure de potassium sur les iodométhylates de pyridine, de quinoléine, d'isoquinoléine, des tolu-, naphto- et nitroquinoléines, de mésométhylacridine et de mésophénylacridine.

Tous ces cyanures sont bien cristallisés ; ils sont facilement solubles dans les dissolvants organiques, peu ou pas solubles dans l'eau ; la plupart ne se laissent cependant pas recristalliser sans décomposition. Le plus stable, sous ce rapport, est le cyanure de N-méthyl-mésophényl-dihydroacridinium. Il se dissout facilement dans le benzène et l'acide acétique, et y cristallise en aiguilles blanches, fusibles à 176°. Il donne avec le brome un dérivé dibromé. Il n'est pas attaqué par les acides et par les alcalis, même concentrés et après une ébullition prolongée. Chauffé à 150-160° en tube fermé avec l'acide chlorhydrique concentré, il se décompose en acide cyanhydrique et en chlorométhylate de mésophénylacridine. Avec la potasse alcoolique à 180°, il fournit un corps de la formule $(C_{20}H_{16}N)_2$, qui cristallise dans la ligroïne en aiguilles blanches, fusibles à 105°.

Les autres cyanures sont moins stables ; celui de N-méthydihydroacridinium (point de fus. 135°) se transforme dès qu'on le chauffe, surtout en solution alcoolique, d'une manière quantitative en N-méthylacridone. Chose curieuse, les cyanures de la quinoléine et des toluquinoléines ne se comportent pas de même, et fournissent, lorsqu'on les chauffe, non pas des quinolones, mais des composés bien cristallisés, se distinguant des cyanures par un atome d'oxygène en plus, et fondant 150° plus haut. Enfin le cyanure de N-méthyldihydroquinolinium a donné par distillation sèche un corps cristallisé, fusible à 104°, volatil avec l'eau, et dont la constitution reste à établir.

A. P.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

W. Ritz. Magnetische Atomfelder und Serienspektren. *Annalen der Physik,* 1908, t. 25, p. 660. Sur l'origine des spectres en série. *Compt. rend.,* mars 1907, t. 144, p. 604, et juillet 1907, t. 145, p. 178.

Les lois simples que l'on a trouvées jusqu'ici pour les spectres en série, telles que la loi de Balmer, celle des différences constantes et d'autres, se rapportent toutes aux nombres des vibrations et non à leurs carrés. D'autre part quand un système mécanique donne lieu à de petites oscillations, c'est, comme l'a fait remarquer Lord Rayleigh, l'accélération et par conséquent le carré de la durée de l'oscillation qui entre dans la solution. Il n'en est pas ainsi, s'il s'agit d'une force magnétique qui dépend de la vitesse et non des coordonnés des parties en mouvement et l'auteur trouve dans l'hypothèse d'un champ magnétique moléculaire intense dont l'existence semble être maintenant mise hors de doute [1], les éléments d'une théorie qui explique les spectres en série et la loi de Balmer.

Considérons un corpuscule mobile de masse m et de charge e dans un champ magnétique H. En admettant un déplacement très petit par rapport à la distance du point mobile aux pôles, et assujetti à rester dans un plan normal à l'axe, on obtient pour trajectoire un cercle et la durée de révolution est l'inverse de la fréquence ν pour la ligne spectrale dont ce cercle représente la vibration. On trouve ainsi :

$$\nu = \frac{e\mathrm{H}}{mc},$$ c étant la vitesse de la lumière.

[1] Voir en particulier : L'hypothèse du champ moléculaire et la propriété ferro-magnétique par P. Weiss. *Bull. Soc. franç. de Physique*, 1907.

En attribuant le champ H à un aimant rectiligne dans le prolongement duquel est placé la charge mobile et en désignant par r la distance du pôle le plus rapproché et par l la longueur de l'aimant, l'expression ci-dessus devient :

$$(1) \qquad \nu = \frac{\mu e}{mc}\left[\frac{1}{r^2} - \frac{1}{(r+l)^2}\right]$$

μ étant l'intensité magnétique du pôle.

La loi de Balmer qui donne avec une exactitude extraordinaire la série des spectres de l'hydrogène est :

$$(2) \qquad \nu = \mathrm{N}\left[\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right], \; n = 1, 2, 3.....$$

où N est universel. La formule (1) lui est identique moyennant les conditions suivantes : En premier lieu la longueur l doit être un multiple de la longueur de l'aimant moléculaire s de manière que $l = ns$, ce qui institue une disposition aussi satisfaisante que possible par sa simplicité. La distance r restant constante, en faisant $r = as$, on a pour (1)

$$\nu = \frac{\mu e}{s^2 mc}\left[\frac{1}{a^2} - \frac{1}{(n+a)^2}\right]$$

D'ici résulte : *Les nombres de vibrations s'approchent d'une limite pour $n = \infty$ et par le développement des puissances de $1/n$, le coefficient de $1/n^2$ est universel en supposant que les aimants élémentaires et e/mc restent les mêmes pour tous les éléments.*

Ainsi l'hypothèse de l'aimant moléculaire explique la limite des nombres de vibration, limite qui distingue d'une manière si tranchée ces vibrations de toutes les autres. Pour que (1) devienne absolument identique à (2), il suffit que la distance as devienne égale au double de l'aimant moléculaire en faisant $a = 2$. Cette disposition n'a lieu que pour l'hydrogène et suppose une structure très simple des molécules constituant l'atome.

Lorsque, laissant invariable la longueur et la position

des autres aimants, on change la longueur du premier, on obtient une nouvelle série de lignes présentant avec les premières des différences constantes de longueur d'onde. C'est un phénomène généralement observé dans les spectres de lignes. Si, au contraire, conservant la position du premier pôle, on modifie encore la longueur du premier aimant, on obtient une série de doubles lignes convergent vers la même limite. Ce cas est réalisé dans les séries principales et les satellites de séries secondaires.

La formule de Rydberg est :

$$(3) \qquad \nu = N\left[\frac{1}{a^2} - \frac{1}{(n+b)^2}\right]$$

qui résultera de (1) en changeant s en $s + 2s$ et $r = as$ en $a(s + \varepsilon s)$, si $b = a + \varepsilon$; on voit qu'en donnant à n des valeurs décroissantes, on arrivera à une valeur négative de r, puisque le nombre des aimants est au moins égal à 1 et cette ligne par conséquent n'existera pas. Et même, pour une valeur positive de r, il peut se faire que le nombre des aimants soit nul de manière que la ligne manque à cette place. Par là s'explique un résultat remarquable des observations récentes, celle en particulier de l'absence d'une ligne du thallium dont la longueur d'onde calculée d'après (3), est $\lambda = 5417,0$ ce qui la mettrait dans le voisinage de la ligne verte du thallium, $\lambda = 5351$, qui appartient à la seconde subsérie. MM. Kayser et Runge n'ont pas pu la découvrir.

Nous ne pouvons ici que résumer les résultats auxquels la théorie de M. Ritz conduit, dans ce qu'ils ont de plus élémentaire, mais aussi de plus remarquable par leur simplicité. Ajoutons seulement que l'analyse mathématique lui permet, dans son mémoire des *Annalen*, de donner à son hypothèse une plus grande généralité et de l'appliquer à l'effet Zeemann.

L. R.

CHIMIE

Analyse des travaux de chimie faits en Suisse.

J. Heller et St. von Kostanecki. Action du chlorure de benzoyle sur le xanthène (*Ber. d. D. chem. Ges.* T. 41, p. 1324 ; Berne, Laboratoire de l'Université).

Les auteurs ont constaté que lorsqu'on fait réagir le chlorure de benzoyle sur le xanthène le résidu « benzoyle » entre en position « para » relativement à l'oxygène, ce qui est conforme à une hypothèse émise précédemment par l'un d'eux sur la constitution des cétones de la coumarane et de la chromane.

En faisant donc réagir sur le xanthène mélangé avec du chlorure de benzoyle, le tout étant recouvert de sulfure de carbone, du chlorure d'aluminium, les auteurs ont obtenu le *benzoyl-2-xanthène* en feuillets blancs, F vers 148°. Ce composé qui est soluble dans H^2SO^4 conc. avec une coloration orange correspond à la formule :

O

C^6H^5CO

CH^2

Il donne par réduction partielle le « *dérivé leuco* » correspondant, en prismes F. 136-137° et par réduction complète le *benzyl-2-xanthène* qui cristallise dans l'alcool en longues aiguilles F. 93-94°.

En chauffant le benzoyl-xanthène avec HNO^3 ord. on le transforme en *benzoyl-2-xanthone* F. 146-147°.

La position du groupe benzoyle dans cette combinaison a été déterminée par le fait que l'on obtient le même composé en condensant la p-oxybenzophénone avec de l'acide salicylique.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE SEPTEMBRE 1908

Le 1er, pluie depuis 7 h. du matin.
2, petite averse à 8 h. du matin.
3, forte rosée le matin; quelques gouttes de pluie à 7 h. 30 m. du soir.
4, pluie depuis 10 h. du soir; orage à 11 h.
5, pluie dans la matinée; forte bise dans l'après-midi.
les 6, 7, 8 et 9, rosée le matin.
le 9, orages depuis 5 h. 45 m. du soir, avec petites averses.
10, pluie pendant la plus grande partie de la journée.
11, forte pluie dans la nuit et de 8 h. à 9 h. 30 m. du soir.
12, pluie dans la nuit; neige sur le Jura.
13, faible pluie dans la nuit.
les 14 et 15, très forte rosée le matin.
le 15, pluie intermittente depuis 4 h. 15 m. du soir.
les 18 et 19, très forte rosée le matin.
20 et 21, brouillard à 7 h. du matin.
le 23, forte rosée le matin; pluie depuis 4 h. du soir.
24, pluie dans la nuit.
25, rosée le matin; pluie depuis 9 h. 40 m. du matin.
27, très forte rosée le matin; pluie à 10 h. du soir.
29, forte rosée le matin.

GENÈVE — SEPTEMBRE 1908

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.											mm.	
1	25.4	25.6	26.1	26.20	− 1.54	24.5	27.3	SSW. 1	SW. 1	WSW.1	SSW. 1	7.7	10	10	8	9	2.4	4.4	2
2	28.2	28.1	29.2	28.28	+ 0.54	27.0	29.5	SSW. 1	SSW. 1	SSW. 1	SSW. 1	8.6	8	7	5	7	5.3	....	....
3	30.1	29.4	28.8	29.27	+ 1.55	27.8	30.2	WSW 1	NW. 1	SSW. 1	WSW.1	2.6	3	1	10	4	10.4	....	....
4	27.7	27.3	24.7	26.37	− 1.33	24.6	28.8	SW. 0	SSW. 1	SSW. 2	SSW. 1	7.2	5	9	10	8	4.0	17.5	7
5	28.3	30.1	33.2	29.84	+ 2.16	25.8	33.6	SW. 0	W. 1	NNE. 2	NNE. 1	**10.8**	4	7	0	4	7.7	0.1	....
6	34.7	34.3	33.8	34.11	+ 6.46	33.6	35.0	NW. 0	N. 1	NNW.0	N. 1	6.6	1	0	1	0	**10.7**	....	....
7	33.2	31.4	29.3	31.77	+ 4.14	29.3	33.6	WNW.0	N. 1	W. 0	N. 1	3.1	0	0	0	0	10.6	....	....
8	30.0	29.7	28.1	29.09	+ 1.47	27.4	30.0	WNW 0	SW. 1	SSW. 0	var.	2.2	1	1	0	2	9.1	....	....
9	28.0	26.5	27.4	27.44	− 0.14	26.2	28.1	NW. 0	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 1	3.5	1	2	5	4	8.2	0.3	1
10	26.0	24.7	24.8	25.66	− 1.89	23.7	28.2	S. 0	SSW. 1	W. 0	var.	5.9	9	10	10	10	....	**46.5**	**15**
11	23.6	23.5	25.3	**24.09**	**− 3.41**	**23.4**	25.4	WSW.1	SSW. 1	S. 1	SSW. 1	4.7	9	9	10	8	3.3	4.3	3
12	26.1	25.7	30.9	27.01	− 0.48	25.1	31.4	SSW. 1	WSW.1	SW. 1	SSW. 1	7.2	2	10	8	7	4.6	0.1	....
13	33.4	34.4	37.0	34.26	+ 6.80	31.4	**37.3**	SSW. 1	N. 1	NW. 1	N. 1	3.5	5	2	0	2	10.3	....	....
14	36.7	35.5	34.5	**35.77**	**+ 8.34**	34.2	37.0	WNW.0	N. 1	N. 0	N. 1	3.9	0	0	0	0	10.0	....	....
15	33.3	31.8	32.2	32.71	+ 5.31	31.4	34.4	W. 0	N. 1	SW. 0	var.	2.9	0	4	10	6	7.3	4.7	3
16	33.4	33.8	34.4	33.69	+ 6.32	32.6	34.5	W. 1	SW. 1	S. 0	var.	4.5	9	6	0	5	6.9	....	....
17	33.9	32.9	30.9	32.81	+ 5.47	30.6	34.5	S. 0	NNW.1	W. 0	var.	3.5	1	2	0	1	9.6	....	....
18	30.0	29.7	29.6	29.83	+ 2.54	28.7	30.7	W. 0	NNW.1	W. 0	var.	2.2	0	0	0	0	10.1	....	....
19	31.9	31.2	31.3	31.15	+ 3.88	29.8	32.3	W. 0	NNW.1	N. 0	calme	1.2	0	0	0	0	9.5	....	....
20	31.6	31.0	30.4	31.07	+ 3.83	30.1	32.0	WNW 0	N. 1	N. 0	N. 1	4.3	10	1	1	3	8.9	....	....
21	29.8	29.7	29.3	29.75	+ 2.54	28.9	30.4	NW. 0	SSW. 1	SSW. 0	var.	2.6	10	9	10	10	....	0.3	1
22	27.8	26.8	27.0	27.37	+ 0.19	26.4	28.7	SSW. 0	NNW.1	WNW 0	var.	3.1	10	8	9	9	1.9	....	....
23	26.7	25.1	25.2	25.79	− 1.35	24.4	26.9	W. 0	SW. 1	SSW. 1	SSW. 1	2.6	8	9	10	9	2.1	8.9	8
24	26.7	27.1	28.2	26.95	− 0.16	25.6	28.2	SSW. 1	SSW. 2	S. 0	SSW. 1	10.0	8	7	8	8	3.9	....	....
25	27.8	28.3	28.3	28.06	+ 0.99	27.7	28.5	SW. 1	W. 0	WSW.0	var.	1.4	8	10	10	10	0.7	11.8	13
26	29.7	29.2	30.7	29.52	+ 2.48	28.5	30.7	WSW 0	SSW. 0	WSW.0	var	1.4	9	5	0	4	4.3	....	....
27	30.6	29.6	30.9	30.31	+ 3.31	29.4	30.9	SW. 1	SSW. 1	S. 0	SSW. 1	3.3	8	10	9	9	1.4	0.1	1
28	30.8	31.2	32.3	31.16	+ 4.19	30.4	32.4	S. 0	N. 1	NNW.0	var.	3.5	9	2	0	2	7.6	....	....
29	33.8	34.3	35.3	34.15	+ 7.22	32.9	35.4	NNW.0	NNW.0	N. 1	var.	5.0	10	8	10	9	2.0	....	....
30	35.2	34.7	34.3	34.89	+ 7.99	34.0	35.8	NNW.0	N. 1	NNW.0	var.	2.6	10	10	0	5	3.0	....	....
Mois	30.15	29.75	30.11	29.95	+ 2.32							4.39	5.6	5.3	4.8	5.2	175.8	99.0	54

GENÈVE — SEPTEMBRE 1908

Jour du mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Écart avec la normale	Température Min.	Température Max.	Fraction de saturation en % 7 h.	Fraction de saturation 1 h.	Fraction de saturation 9 h.	Fraction de saturation Moyenne 8 Obs.	Fraction de saturation Écart av. la norm.	Fraction de saturation Min.	Fraction de saturation Max.	Tempér. du Rhône Midi	Tempér. du Rhône Écart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+14.6	+17.4	+16.9	+15.26	− 1.33	+ 8.4	+21.6	65	68	55	71	− 3	45	90	16.6	− 1.7	1707
2	12.8	16.4	12.5	14.01	− 2.47	10.5	17.9	67	57	70	**62**	**−13**	42	73	12.6	− 5.6	1642
3	11.2	18.0	15.6	14.98	− 1.39	8.7	20.8	80	40	71	63	−12	**26**	90	10.7	− 7.5	1652
4	15.7	22.2	22.0	18.99	+ 2.74	12.8	24.9	73	64	58	65	−10	44	93	12.3	− 5.8	1675
5	14.8	18.8	12.4	15.44	− 0.69	11.3	21.3	92	54	75	76	+ 1	49	95	14.6	− 3.4	1687
6	9.8	15.5	12.5	12.61	− 3.41	6.7	18.0	84	57	85	72	− 3	46	94	....	.....	1715
7	9.8	18.3	15.2	13.82	− 2.07	6.7	19.4	89	63	89	80	+ 4	58	96	16.0	− 1.9	1700
8	11.9	24.7	17.5	17.65	+ 1.88	9.2	**26.3**	92	40	78	72	− 4	33	97	16.7	− 1.1	1675
9	15.6	24.5	17.9	**19.24**	**+ 3.60**	12.9	25.3	83	50	83	73	− 3	45	88	17.0	− 0.8	1645
10	17.3	16.7	12.9	15.65	+ 0.13	11.6	19.9	90	93	99	**92**	**+16**	85	99	....	.....	1665
11	11.6	16.4	9.0	12.77	− 2.62	8.0	18.5	94	55	92	78	+ 1	38	95	16.4	− 1.2	1760
12	8.2	13.5	8.4	10.09	− 5.16	6.3	16.3	93	53	70	74	− 3	41	95	16.2	− 1.3	1735
13	9.4	13.8	8.7	10.52	− 4.60	6.4	15.0	84	46	85	71	− 6	42	92	....	.....	1765
14	4.6	13.2	9.3	**9.26**	**− 5.72**	**2.4**	16.0	92	60	85	73	+ 1	42	99	15.2	− 2.2	1687
15	6.1	17.3	13.7	12.19	− 2.66	4.0	21.8	92	65	82	81	+ 3	36	98	15.5	− 1.8	1680
16	13.6	20.9	12.2	15.90	+ 1.19	10.6	22.2	86	50	82	72	− 6	39	95	16.0	− 1.2	1675
17	8.1	17.6	13.4	13.95	− 0.60	6.4	19.5	92	62	86	78	0	45	100	15.4	− 1.7	1660
18	10.0	18.6	14.1	14.52	+ 0.10	8.0	20.8	94	63	91	80	+ 2	47	98	15.8	− 1.2	1670
19	10.2	20.5	15.8	15.59	+ 1.31	8.8	21.8	97	69	89	86	+ 8	63	97	16.4	− 0.5	1672
20	12.5	17.4	16.0	15.51	+ 1.38	11.6	19.5	96	84	91	91	+13	73	96	....	.....	1645
21	14.7	19.5	15.2	15.95	+ 1.97	13.4	20.5	100	67	84	86	+ 7	57	100	17.0	+ 0.3	1650
22	13.7	17.6	15.3	15.62	+ 1.79	13.3	18.9	93	74	86	85	+ 6	66	95	17.2	+ 0.6	1665
23	11.2	22.2	14.5	15.76	+ 2.08	10.2	22.4	95	54	95	84	+ 5	46	96	17.1	+ 0.5	1672
24	12.3	16.0	12.9	13.80	+ 0.28	12.0	17.7	72	53	76	68	−12	50	89	16.5	+ 0.6	1687
25	11.1	11.7	10.8	11.69	− 1.68	10.2	15.0	90	83	97	89	+ 9	70	99	15.8	− 0.5	1680
26	11.4	18.6	12.5	14.24	+ 1.03	10.6	20.2	97	68	93	84	+ 4	44	98	15.7	− 0.5	1692
27	9.7	20.1	14.4	14.16	+ 1.11	8.1	20.5	95	61	78	79	− 1	60	95	....	.....	1705
28	12.1	18.3	14.3	15.29	+ 2.40	11.4	20.2	92	60	91	81	+ 1	50	94	16.0	0.0	1682
29	13.0	17.8	15.1	14.77	+ 2.04	10.8	18.5	95	71	82	86	+ 6	65	96	16.0	+ 0.1	1695
30	+14.1	+17.2	+12.4	+14.94	+ 2.37	+11.2	+17.8	91	74	94	85	+ 4	70	98	16.4	+ 0.6	1702
Mois	+11.71	+18.02	+13.77	+14.47	− 0.19	+ 9.42	+ 19.95	88	62	83	78	+ 1			15.64	− 1.43	1685

MOYENNES DE GENÈVE. — SEPTEMBRE 1908

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + $0^{mm}.02$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700^{mm} +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	29.26	28.89	29.17	29.36	28.71	28.04	28.01	28.97	28.80
2e »	31.21	31.26	31.40	31.76	30.95	30.63	31.02	31.68	31.24
3e »	29.75	29.60	29.88	30.24	29.60	29.34	29.81	30.15	29.80
Mois	30.08	29.92	30.15	30.45	29.75	29.34	29.61	30.27	29.95

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+12.64	+12.18	+13.35	+17.15	+19.25	+19.89	+17.06	+14.60	+15.76
2e »	10.11	9.81	9.43	14.85	16.92	17.14	14.54	11.46	13.03
3e »	12.93	12.40	12.36	15.96	17.90	17.21	14.90	13.32	14.62
Mois	+11.89	+11.46	+11.71	+15.99	+18.02	+18.08	+15.50	+13.13	+14.47

Fraction de saturation en %.

1re décade	82	85	81	68	59	57	70	79	73
2e »	92	94	92	71	61	60	75	87	79
3e »	91	90	92	78	66	71	84	89	83
Mois	88	89	88	72	62	63	76	85	78

Dans ce mois l'air a été calme 372 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{6}{42} = 0.15$.

Moyennes des 3 observations (7^h, 1^h, 9^h)

	mm
Pression atmosphérique.......	30.00
Nébulosité..................	5.2
Température $\frac{7+1+9}{3}$..	$+14^{\circ}.50$
Température $\frac{7+1+2\times9}{4}$..	$+14^{\circ}.32$
Fraction de saturation........	78 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

	mm
Press. atmosphér.. (1836-1875).	27.63
Nébulosité.. ..... (1847-1875).	4.9
Hauteur de pluie.. (1826-1875).	$94^{mm}.2$
Nombre de jours de pluie. (id.).	10
Température moyenne... (id.).	$+14^{\circ}.66$
Fraction de saturat. (1849-1875).	77 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	97.6	96.5	98.8	94.5	91.6	94.2	108.3

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	123.0	99.0	99.2	105.8	128.7	110.0

Insolation à Jussy : 166^{h}.0.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE SEPTEMBRE 1908

Le 2, brouillard le matin et le soir ; forte bise l'après-midi.
3, brouillard le matin.
5, brouillard et pluie.
10, brouillard et pluie le soir ; forte bise l'après-midi et le soir.
les 11, 12 et 13, brouillard et pluie.
le 16, brouillard et pluie.
20, brouillard le soir.
les 21 et 22, brouillard le matin et le soir.
le 23, brouillard le matin, pluie le soir.
24, pluie le matin et le soir.
les 25 et 26, brouillard le matin et le soir.
le 27, brouillard le soir.
28, brouillard le matin et forte bise.

GRAND SAINT-BERNARD — SETPEMBRE 1908

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	66.9	66.4	66.1	66.5	- 1.6	65.8	67.1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	SW. 2	2	2	7	4	....	...
2	64.6	65.2	66.1	65.3	- 2.8	64.4	66.3	NE. 2	NE. 3	NE. 2	NE. 2	10	4	10	8	....	....
3	66.6	67.6	68.7	67.6	- 0.4	66.4	68.9	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	0	7	6	....	....
4	68.9	69.1	68.5	68.8	+ 0.8	68.3	69.3	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	1	8	10	6	17.5	....
5	67.4	68.5	69.5	68.5	+ 0.6	67.1	70.0	NE. 2	NE. 3	NE. 1	NE. 2	10	10	10	10	....	....
6	70.7	72.0	73.1	71.9	+ 4.0	70.5	73.2	NE. 2	NE. 2	NE. 2	NE. 2	0	0	0	0	....	....
7	72.4	72.6	72.5	72.5	+ 4.7	72.3	72.8	SW. 2	SW. 1	SW. 2	SW. 2	0	0	0	0	....	....
8	71.3	71.4	71.4	71.4	+ 3.7	71.1	71.6	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	0	4	1	....	....
9	70.3	70.0	69.5	69.9	+ 2.3	69.4	70.8	SW. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	0	1	7	3	4.5	....
10	68.3	66.7	64.9	66.6	- 1.0	64.5	68.9	SW. 2	SW. 3	SW 3	SW. 3	6	10	10	9	15.9	....
11	62.5	62.0	62.5	**62.3**	**- 5.2**	**61.7**	63.0	SW. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	4	8	8.7	2
12	61.9	62.4	65.3	63.2	- 4.2	61.8	65.5	NE. 2	NE. 1	NE. 3	NE. 2	10	6	10	9	8.4	**5**
13	67.6	69.4	70.9	69.3	+ 1.9	67.0	71.1	NE. 2	NE. 2	NE. 2	NE. 2	4	5	10	6	....	....
14	72.2	73.3	72.8	72.8	+ 5.5	72.0	73.5	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE 1	0	0	0	0	....	....
15	71.9	72.0	71.2	71.7	+ 4.5	71.0	72.3	SW. 2	SW. 1	SW. 2	SW. 2	0	4	10	5	14.5	....
16	71.2	71.9	72.0	71.7	+ 4.6	71.0	72.2	NE. 2	NE. 2	NE. 2	NE. 2	10	10	10	10	....	....
17	72.3	72.3	72.0	72.2	+ 5.1	71.5	72.4	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE 1	4	1	0	2	....	....
18	71.4	71.2	71.6	71.4	+ 4.4	71.0	72.0	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	2	0	0	....	....
19	72.2	72.7	72.8	72.6	+ 5.7	72.0	73.0	NE. 1	NE. 2	SW. 1	NE. 1	1	4	0	2	...	...
20	72.1	71.9	71.8	71.9	+ 5.1	71.0	72.4	SW. 1	NE. 1	SW. 1	SW. 1	0	4	10	5	...	....
21	70.6	70.1	68.9	69.9	+ 3.2	68.7	71.0	SW. 2	SW. 2	NE. 1	SW. 2	10	10	10	10	4.6	....
22	67.6	67.0	67.0	67.2	+ 0.5	66.8	68.0	SW. 1	SW. 1	NE. 2	SW. 1	10	10	10	10	....	....
23	66.8	66.4	66.1	66.4	- 0.2	65.8	67.0	NE. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	10	10	10	18.5	....
24	65.8	66.2	67.0	66.0	- 0.5	65.6	67.2	SW. 2	SW. 2	SW. 2	SW. 2	10	5	10	8	....	....
25	67.0	67.0	66.8	66.9	+ 0.5	66.4	67.2	SW. 2	SW. 3	SW. 3	SW. 3	10	10	10	10	**21.9**	....
26	67.5	68.4	69.4	68.4	+ 2.1	67.3	69.8	SW. 1	SW. 1	NE. 2	SW. 1	10	8	10	9	....	...
27	69.4	69.4	69.5	69.4	+ 3.2	69.2	69.8	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	4	5	10	6	....	....
28	69.9	71.4	72.2	71.2	+ 5.1	69.8	72.4	NE. 3	NE. 2	NE. 1	NE. 2	10	4	0	5	...	....
29	73.1	74.0	74.8	74.0	+ 8.0	72.8	75.0	SW. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	...	....
30	75.0	74.6	74.6	**74.8**	**+ 8.8**	74.4	**75.2**	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	1	0	0	....	....
Mois	69.18	69.44	69.65	69.42	+ 1.97							5.1	4.8	6.3	5.4	114.5	7

GRAND SAINT-BERNARD — SEPTEMBRE 1908

Jour du mois	Température 7 heures	Température 1 heure	Température 9 heures	Température Moyenne 3 Observ.	Température Ecart avec la normale	Température Minimum	Température Maximum	Fraction de saturation en % 7 h.	Fraction de saturation en % 1 h.	Fraction de saturation en % 9 h.	Fraction de saturation en % Moyenne 3 Obs.	Fraction de saturation en % Min.	Fraction de saturation en % Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	+ 3.2	+ 3.4	+ 3.8	+ 3.5	- 1.6	+ 1.8	+ 6.6	46	95	52	64	40	98
2	- 1.8	4.0	- 1.4	0.3	- 4.7	- 1.8	4.2	100	50	82	77	47	100
3	- 2.6	4.6	+ 6.0	2.7	- 2.2	- 2.8	6.2	100	65	58	74	53	100
4	+ 5.0	9.6	6.6	7.1	+ 2.3	+ 4.8	9.6	78	65	98	80	61	99
5	2.3	3.0	0.6	2.0	- 2.7	+ 0.6	6.7	100	100	100	100	91	100
6	0.6	6.7	4.6	4.0	- 0.6	- 0.4	6.9	48	50	64	54	43	68
7	5.3	9.8	6.0	7.0	+ 2.5	+ 4.6	10.6	58	58	85	67	51	93
8	5.6	10.8	8.6	8.3	+ 3.9	5.2	**13.0**	62	55	47	55	39	66
9	6.4	10.8	7.6	8.3	+ 3.9	5.8	11.2	66	44	72	61	41	86
10	6.3	5.8	+ 4.8	5.6	+ 1.4	+ 4.4	7.4	77	100	100	92	60	100
11	+ 4.0	+ 3.0	- 1.2	+ 1.9	- 2.2	- 1.4	4.8	86	100	98	95	76	100
12	- 3.4	- 0.2	- 4.8	- 2.8	- 6.8	- 5.0	+ 0.2	96	77	96	90	58	98
13	- 5.8	- 1.6	- 3.0	**- 3.5**	**- 7.4**	**- 6.2**	- 1.2	95	74	57	75	42	97
14	+ 1.6	+ 6.8	+ 3.0	+ 3.8	0.0	- 3.0	+ 7.2	22	41	72	46	**8**	78
15	1.6	5.0	1.4	2.7	- 0.9	+ 1.0	5.2	67	74	100	80	58	100
16	0.8	3.5	0.8	1.7	- 1.8	0.4	3.9	100	98	100	99	56	100
17	4.4	8.8	6.8	6.7	+ 3.3	1.0	8.8	27	47	90	55	20	95
18	6.3	11.4	6.8	8.2	+ 4.9	5.4	11.7	62	50	92	68	43	97
19	4.4	10.6	6.2	7.1	+ 3.9	4.2	11.0	90	63	90	81	55	96
20	5.0	10.6	6.6	7.4	+ 4.4	4.6	10.8	80	63	96	80	57	99
21	3.8	5.6	5.6	5.0	+ 2.1	3.4	6.6	98	100	100	99	87	100
22	2.8	3.8	3.1	3.2	+ 0.4	2.5	4.5	100	100	97	99	90	100
23	3.0	4.6	2.4	3.3	+ 0.7	2.1	4.6	95	93	95	94	82	98
24	2.1	4.3	1.8	2.7	+ 0.2	1.8	4.4	88	76	98	87	66	100
25	0.7	1.6	0.8	1.0	- 1.4	0.5	2.0	100	100	100	100	85	100
26	0.6	4.5	2.2	2.4	+ 0.2	0.5	5.1	100	95	100	98	68	100
27	1.8	6.1	1.8	3.2	+ 1.1	1.4	6.5	60	56	100	72	44	100
28	3.2	6.8	4.9	5.0	+ 3.1	2.0	8.2	100	87	85	91	72	100
29	4.6	11.1	6.6	7.4	+ 5.6	4.3	11.2	55	36	70	54	21	82
30	+ 8.5	+12.9	+ 8.5	**+10.0**	**+ 8.2**	+ 6.4	+12.9	33	35	50	39	18	71
Mois	+ 2.68	+ 6.26	+ 3.58	+ 4.17	+ 0.85	+ 1.60	+ 7.03	76	72	84	77		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — SEPTEMBRE 1908

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

	Pression atmosphérique : 500mm +				Fraction de saturation en %			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	68.74	68.95	69.03	68.90	74	68	76	72
2e »	69.53	69.91	70.29	69.91	72	69	89	77
3e »	69.27	69.45	69.63	69.42	83	78	89	83
Mois	69.18	69.44	69.65	69.42	76	72	84	77

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	+ 3.03	+ 6.85	+ 4.72	+ 4 87	+ 4.83
2e »	1.89	5.79	2.26	3.31	3.05
3e »	3.11	6.13	3.77	4.33	4.19
Mois	+ 2.68	+ 6.26	+ 3.58	+ 4.17	+ 4.02

Dans ce mois l'air a été calme 0 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{73}{69} = 1.06$.

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
	mm	mm	mm	mm
Eau en millimètres.....	86.5	100.4	99.9	114.5
Neige en centimètres....	0cm	0cm	0cm	7cm

SUR

QUELQUES ANHYDRIDES MIXTES

DE L'ACIDE SULFURIQUE

PAR

Amé PICTET et Georges KARL

On connaît un certain nombre de composés formés par l'union de l'anhydride sulfurique à d'autres anhydrides minéraux. Les premiers représentants de cette classe d'*anhydrides mixtes* furent les deux *sulfates de vanadyle*, $(SO_3)_2V_2O_5$ et $(SO_3)_3V_2O_5$, décrits en 1831 par Berzelius[1]. Depuis cette époque on en a préparé plusieurs autres ; citons, parmi les mieux caractérisés :

le composé $(SO_3)_4Cl_2O$, obtenu en 1861 par Schutzenberger[2],

les anhydrides sulfotitanique $SO_3.TiO_2$ de Mertz[3], sulfomolybdique $SO_3.MoO_3$ de Schultz-Sellack[4] et sulfotungstique $SO_3.WO_3$ de Desi[5],

les anhydrides $(SO_3)_3I_2O_5$, $(SO_3)_3P_2O_5$ et $SO_3.SeO_2$, décrits par Weber[6] en 1886,

[1] *Poggendorff's Annalen,* **22.** 39.

[2] *Comptes rendus*, **53.** 538.

[3] *Journal für prakt. Chemie*, **99.** 162.

[4] *Berichte*, **4.** 12.

[5] Recherches sur les oxydes du tungstène. *Thèse,* Genève, 1896.

[6] *Berichte*, **19.** 3185 et **20.** 86.

une série de composés semblables de l'anhydride arsénieux, $(SO_3)_nAs_2O_3$ [1].

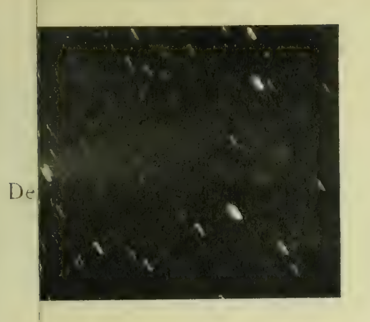
On voit, d'après cette énumération, que la faculté de se combiner à l'anhydride sulfurique semble être une propriété assez générale des autres anhydrides minéraux. Cependant les recherches faites jusqu'ici sur ce sujet ne l'ont point épuisé ; un certain nombre d'anhydrides, et non des moins importants, n'ont pas encore été examinés au point de vue qui nous occupe. Nous avons cherché à combler en partie cette lacune. Avec les anhydrides *sulfureux*, *carbonique* et *silicique*, nons n'avons obtenu que des résultats négatifs ; en revanche, les anhydrides *nitrique*, *nitreux*, *borique* et *chromique* se sont montrés capables de s'unir directement, dans certaines conditions, à l'anhydride sulfurique, et nous ont fourni quelques nouveaux anhydrides mixtes.

I. Anhydride sulfurique et anhydride nitrique.

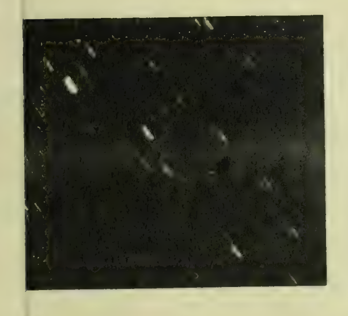
Ces deux anhydrides réagissent l'un sur l'autre à la température ordinaire. Nous les avons, au début de nos expériences, mélangés en proportions équimoléculaires, espérant obtenir le sulfate neutre d'azotyle, $SO_2(ONO_2)_2$; mais nous n'avons pas tardé à constater que la combinaison n'a pas lieu selon ces proportions, et qu'une partie de l'anhydride nitrique reste inattaquée. De plus, la chaleur dégagée dans la réaction provoque une décomposition partielle de ce dernier anhydride, avec formation de vapeurs rouges.

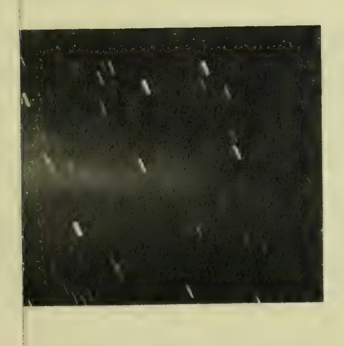
[1] Reich, *Journal für prakt. Chemie*, **90**. 176. — Schultz-Sellack, *Berichte*, **4**. 109. — Weber, *Berichte*, **19**. 3185. — Adie, *Journal of the chem. Society*, **55**. 157.

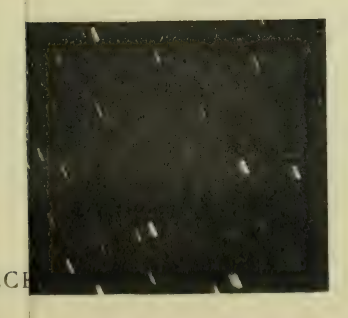
de la Comète 1908 c.



De







ÉCI

Quelques photographies de la Comète 1908 c.

OBSERVATOIRE DE GENÈVE



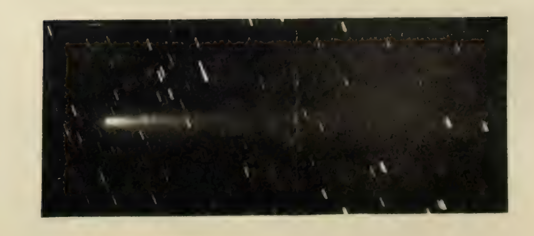
14 octobre 1908
De 6 h. 58 m. à 7 h. 58 m., heure centrale.



15 octobre 1908
De 7 h. 5 m. à 8 h. 5 m.



16 octobre 1908
De 7 h. 32 m. à 8 h. 32 m.



18 octobre 1908
De 7 h. 30 m. à 8 h. 30 m.

ECHELLE : 1 mm. = 2',8 = 125000 km.

On évite ces deux inconvénients en prenant l'anhydride sulfurique en fort excès (un peu plus de trois parties pour une d'anhydride nitrique). L'anhydride sulfurique qui n'est pas entré en combinaison peut être ensuite facilement éliminé par distillation ou dissolution. Nous avons opéré selon l'un ou l'autre des deux procédés suivants :

1° 5,4 gr. d'anhydride nitrique fraîchement préparé (par distillation d'un mélange d'acide nitrique fumant et d'anhydride phosphorique) sont rapidement introduits dans un petit ballon à distiller, que l'on met aussitôt en communication, au moyen d'un ajutage en verre rodé, avec une cornue contenant 17 gr. d'anhydride sulfurique. En chauffant ensuite la cornue, on fait arriver lentement les vapeurs d'anhydride sulfurique au contact de l'anhydride nitrique ; la combinaison s'effectue ainsi à l'abri de l'air, dans une atmosphère d'anhydride sulfurique gazeux, et dans un appareil entièrement construit en verre. Le produit est ensuite purifié par distillation dans le ballon même où il s'est formé, sans qu'il soit nécessaire d'opérer aucun transvasement.

2° Les deux anhydrides sont dissous séparément à froid dans du tétrachlorure de carbone absolument pur et sec, et les solutions *immédiatement* mélangées[1]. Il se produit aussitôt un abondant précipité cristallin blanc, que l'on filtre rapidement à la trompe et que l'on purifie par distillation, comme dans le cas précé-

[1] L'anhydride nitrique ne paraît pas réagir, même à la longue, sur le tétrachlorure de carbone ; mais il n'en est pas de même de l'anhydride sulfurique. Ainsi que l'ont déjà constaté Schutzenberger et d'autres, lorsqu'on laisse les deux substances un certain temps en contact à la température ordinaire, ou plus rapidement lorsqu'on chauffe, il y a réaction selon l'équation :

$$CCl_4 + 2SO_3 = COCl_2 + S_2O_5Cl_2$$

dent. Ce second procédé est plus rapide et permet d'éliminer plus facilement l'excès d'anhydride sulfurique, qui reste entièrement dans le liquide filtré ; mais il fournit un rendement inférieur en anhydride mixte, une hydratation partielle par l'humidité de l'air ne pouvant être complètement évitée.

Dans les deux procédés, et quelles que soient les quantités respectives des deux anhydrides, la distillation fractionnée du produit nous a toujours fourni :

une *fraction principale*, formant environ les deux tiers du poids total, et passant à 218-220°,

une *fraction accessoire*, distillant à 302-305°.

Les deux fractions se prennent rapidement, par refroidissement, en masses compactes, blanches, très dures, formées d'aiguilles enchevêtrées, et présentant tous les caractères de corps homogènes et définis.

Fraction principale.

La substance fond à 124-125° ; elle est extrêmement hygroscopique, mais ne fume pas à l'air. Elle se dissout dans l'eau avec un fort dégagement de chaleur, en donnant un mélange des acides sulfurique et nitrique. Nous avons déterminé la composition de cet anhydride mixte en dosant, dans sa solution aqueuse, l'acide sulfurique (par précipitation comme $BaSO_4$) et l'azote (par la méthode de Kjeldahl).

1. 0,5779 gr.	de subst.	ont donné	1,2528 gr. $BaSO_4$
2. 0,6517 gr.	»	»	1,4205 gr. »
3. 1,1488 gr.	»	»	0,2629 gr. N

	Trouvé	Calculé pour $S_4N_2O_{17}$
S	29,84 ; 29,93 %	29,91 %
N	6,34 %	6,54 %

D'après ces résultats, le composé n'est point l'anhydride sulfonitrique le plus simple, mais un *tétrasulfate d'azotyle*, $(SO_3)_4N_2O_5$, soit :

$$O<\begin{matrix}SO_2-O-SO_2-O-NO_2\\SO_2-O-SO_2-O-NO_2\end{matrix}$$

On peut le considérer comme résultant de l'addition de l'anhydride nitrique, non pas à l'anhydride sulfurique monomoléculaire SO_3, mais à un anhydride polymérisé $(SO_3)_4$. Ce dernier se retrouve, du reste, dans d'autres anhydrides ou acides mixtes déjà connus :

dans l'anhydride sulfo-arsénieux $(SO_3)_4As_2O_3$ de Schultz-Sellack[1],

dans l'anhydride sulfo-antimonieux $(SO_3)_4SO_2O_3$ de Adie[2],

dans le composé $(SO_3)_4Cl_2O$, préparé en 1861 par Schutzenberger[3],

enfin dans un acide nitrosulfurique $(SO_3)_4N_2O_5.3H_2O$, obtenu par Weber[4] en dirigeant les vapeurs d'anhydride sulfurique dans de l'acide nitrique concentré et refroidi.

Nous avons cherché à déterminer le poids moléculaire du tétrasulfate d'azotyle, mais sans succès. Les essais que nous avons faits pour prendre sa densité de vapeur ont échoué par le fait qu'il se dissocie ou se décompose à une température de très peu supérieure à son point d'ébullition. Les méthodes cryoscopiques et ébullioscopiques se sont également montrées impraticables, faute d'un dissolvant qui ne fût pas attaqué.

Le tétrasulfate d'azotyle possède, en effet, des réactions très énergiques. Nous avons principalement étudié

[1] *Berichte* **4.** 112.
[2] *Chem. News* **59.** 58.
[3] *Comptes rendus* **53.** 539.
[4] *Poggendorff's Annalen* **142.** 602.

la manière dont il se comporte vis-à-vis des substances aromatiques, espérant trouver en lui un agent de nitration puissant. Nous avons constaté qu'il attaque avec la plus grande vivacité la plupart de ces composés, mais que les produits qui prennent ainsi naissance sont de nature complexe. La nitration est, le plus souvent, accompagnée d'une sulfonation, et même, lorsqu'on opère à chaud, d'une oxydation ou d'une carbonisation. Voici les résultats de quelques-uns de nos essais :

1° 15 gr. d'anhydride, concassé en petits fragments, sont introduits dans 16,5 gr. de benzène. Une réaction s'effectue aussitôt, avec élévation de la température. On ajoute de l'eau et on extrait par l'éther. Celui-ci laisse par évaporation 3,4 gr. de *nitrobenzène*. La solution aqueuse renferme 10,8 gr. d'*acide benzène-monosulfonique*, que nous avons caractérisé en le transformant en son amide (point de fusion 149°).

2° 15 gr. d'anhydride pulvérisé sont humectés de 8 gr. de benzène. Le dégagement de chaleur est très grand. En ajoutant ensuite de l'eau, on obtient un précipité de *m-dinitrobenzène* (point de fusion 90°). La solution contient, comme dans l'expérience précédente, de l'*acide benzène-monosulfonique*.

3° Le nitrobenzène dissout l'anhydride à chaud ; par refroidissement il se dépose des cristaux incolores, hygroscopiques, fusibles à la température du bain-marie, et que l'eau décompose en nitrobenzène, acide sulfurique et acide nitrique. Ces cristaux sont donc probablement un produit d'addition du nitrobenzène et de l'anhydride mixte. Si l'on chauffe plus longtemps la solution de l'anhydride dans le nitrobenzène, il se produit une certaine quantité de *m-dinitrobenzène*.

Dans aucun cas nous n'avons observé la formation de trinitrobenzène.

4° Avec la naphtaline, l'anthracène et le phénanthrène, nous n'avons obtenu que des produits goudronneux. Avec la pyridine il semble se former un produit d'addition, que l'eau décompose en ses constituants ; nous n'avons pu isoler de dérivé nitré ou sulfoné.

Fraction accessoire.

Elle passe à 302–305° sous la pression de 726 mm., et se solidifie par refroidissement en une substance cristalline blanche, très semblable d'aspect au tétrasulfate d'azotyle, mais possédant un point de fusion plus élevé (198–200°). Cette substance est aussi très hygroscopique et attire l'humidité de l'air en s'y liquéfiant, mais sans répandre de fumées. Introduite dans l'eau, elle s'y dissout avec dégagement de chaleur et production de vapeurs rouges ; la solution décolore le permanganate et bleuit l'iodure de potassium amidonné. La soude et la potasse caustiques donnent un mélange de sulfates, de nitrates et de nitrites.

Ces faits montrent que ce produit accessoire n'est point un anhydride mixte de l'anhydride sulfurique et de l'anhydride nitrique, mais bien de l'anhydride sulfurique et de l'anhydride *nitreux*.

Son analyse, faite en dosant l'acide sulfurique et l'azote dans sa solution alcaline, nous a donné les résultats suivants :

1. 0,7665 gr. de subst. ont donné 1,6694 gr. $BaSO_4$ par litre
2. 0,3832 gr. » » 0,8160 gr. »
3. 0,2051 gr. » » 0,4363 gr. »
4. 1,1010 gr. » » 0,4356 gr. N

Trouvé : S = 29,19 ; 29,24 ; 29,21 %
N = 10,58 %

La formule la plus probable qui nous paraisse pouvoir être déduite de ces chiffres est

$$(SO_3)_5\,(N_2O_3)_2$$

pour laquelle on calcule : $S = 29{,}02\ \%$
$N = 10{,}15\ \%$

On peut expliquer la formation de cet *anhydride sulfonitreux* dans la réaction de l'anhydride sulfurique sur l'anhydride nitrique en admettant que, sous l'influence de la chaleur dégagée dans cette réaction, une partie de l'anhydride nitrique est décomposée en oxygène et anhydride nitreux, lequel s'unit à l'anhydride sulfurique. Cette interprétation nous semble justifiée par le fait que nous avons, ainsi qu'on va le voir, obtenu le même composé par combinaison directe de ces deux derniers anhydrides.

II. Anhydride sulfurique et anhydride nitreux.

Nous avons préparé l'anhydride nitreux par réduction de l'acide nitrique de densité 1,3 au moyen de l'anhydride arsénieux, dans un appareil construit entièrement en verre. Nous avons desséché le gaz en le faisant passer dans un long tube rempli de nitrate de calcium anhydre et nous l'avons liquéfié dans un mélange de glace et de sel. Quant à l'anhydride sulfurique, il a été employé à l'état fraîchement distillé.

Lorsqu'on verse l'anhydride sulfurique fondu dans l'anhydride nitreux maintenu à une température voisine de 0°, il y a grand dégagement de chaleur et décomposition partielle de l'anhydride nitreux. Lorsqu'on opère à des températures plus basses, l'anhydride sulfurique cristallise, et la réaction s'arrête par suite de la formation

d'une couche solide d'anhydride mixte qui vient recouvrir les cristaux. Nous avons tourné ces difficultés en prenant, ici encore, les deux anhydrides à l'état de solutions dans le tétrachlorure de carbone. Lorsqu'on mélange les deux solutions récemment préparées, il y a formation immédiate d'un abondant précipité cristallin ; celui-ci est rapidement essoré à la trompe, introduit dans un ballon et soumis à la distillation. La substance passe tout entière et sans altération à 302-305°, sous la forme d'un liquide limpide qui se prend immédiatement en une masse blanche, très dure, formée d'aiguilles enchevêtrées, et fusible à 198-200°. Ces propriétés sont les mêmes que celles du produit accessoire de l'expérience précédente. L'analyse conduit également à une composition identique. C'est donc, dans les deux cas, le même *anhydride sulfonitreux* $(SO_3)_5(N_2O_3)_2$ qui prend naissance.

1. 0,2334 gr.	de subst.	ont donné	0,4948 gr. $BaSO_4$ par litre.
2. 0,2237 gr.	»	»	0,4750 gr. »
3. 4,6690 gr.	»	»	0,5058 gr. N
4. 4,6690 gr.	»	»	0,5833 gr. »

	Trouvé	Calculé pour $(SO_3)_5(N_2O_3)_2$
S	29,11 ; 29,16 %	29,02 %
N	10,83 ; 10,78 %	10,15 %

Le composé ainsi obtenu n'est point le premier anhydride mixte des acides sulfurique et nitreux que l'on ait préparé. On en connaît depuis longtemps un autre, que l'on a désigné sous le nom d'*anhydrosulfate de nitrosyle*, et dont la composition répond à la formule brute $(SO_3)_2N_2O_3$. Il a été obtenu d'une manière indirecte dans diverses réactions :

1° Par de la Provostaye[1] en faisant agir l'anhydride sulfureux sur le peroxyde d'azote, ou en mettant en présence des quantités équimoléculaires d'anhydride sulfureux, d'anhydride sulfurique et de peroxyde d'azote :

$$2\,SO_2 + 2\,N_2O_4 = N_2O_3 + (SO_3)_2\,N_2O_3$$
$$SO_2 + SO_3 + N_2O_4 = (SO_3)_2\,N_2O_3$$

2° Par Brünig[2] en combinant l'anhydride sulfurique au bioxyde d'azote :

$$3\,SO_3 + 2\,NO = SO_2 + (SO_3)_2\,N_2O_3$$

3° Par Weber[3] en distillant le composé $(SO_3)_2N_2O_4$, obtenu par combinaison de l'anhydride sulfurique et et du peroxyde d'azote.

4° Par Michaelis et Schumann[4] en décomposant par a chaleur les cristaux des chambres de plomb.

Cet anhydrosulfate de nitrosyle est une substance blanche, fusible à une température qui varie, suivant les observateurs, entre 217 et 230°; il distille à 360°. Si l'on compare ces points de fusion et d'ébullition à ceux de l'anhydride sulfonitreux que nous avons préparé, on voit qu'ils sont notablement plus élevés. Cela nous porte à croire que la formule $(SO_3)_2N_2O_3$, qui a été attribuée à l'anhydrosulfate de nitrosyle par tous les auteurs qui l'ont décrit, n'exprime pas la vraie grandeur moléculaire du composé, et que cette formule doit être triplée. On aurait ainsi, entre les formules et les propriétés des trois anhydrides mixtes dont il a été

[1] *Annales de chim. et de phys.* (2) **73**. 362.
[2] *Annalen der Chemie* **98**. 377.
[3] *Poggendorff's Annalen* **123**. 333.
[4] *Berichte* **7**. 1075.

question ici, les relations suivantes, qui nous paraissent satisfaisantes :

	Formule	Point de fusion	Point d'ébullition
Anhydride sulfonitrique........	$(SO_3)_4\,(N_2O_5)$	124-125°	218-220°
Anhydride sulfonitreux........	$(SO_3)_5\,(N_2O_3)_2$	198-200°	302-305°
Anhydrosulfate de nitrosyle.....	$(SO_3)_6\,(N_2O_3)_3$	217-230°	360°

III. Anhydride sulfurique et anhydride borique.

Ainsi que l'a déjà observé D'Arcy[1], ces deux anhydrides sont sans action l'un sur l'autre lorsqu'on chauffe leur mélange en vase ouvert jusqu'au point d'ébullition de l'anhydride sulfurique. Nous avons trouvé que leur combinaison s'effectue si l'on opère en tubes scellés à une température plus élevée.

Nous avons fait un grand nombre d'essais, en employant toujours un excès d'anhydride sulfurique, et en chauffant pendant 6 heures à des températures croissantes. Après refroidissement, le tube était ouvert et l'excès d'anhydride sulfurique chassé par distillation. Pour cela, le tube était introduit dans un bain d'huile, dans lequel il plongeait jusqu'à son extrémité effilée ; à celle-ci était adapté un petit tube recourbé, au moyen duquel l'anhydride sulfurique était recueilli dans un récipient taré, ce qui permettait de contrôler le poids de la substance qui n'était pas entrée en combinaison. On chauffait le bain d'huile à 75-80° pendant 4 heures, puis on chassait les dernières traces de vapeurs d'anhydride sulfurique an moyen d'un courant d'air sec. Le

[1] *Journal of the chem. Society* **55**. 155.

contenu dn tube était ensuite soumis à l'analyse, en le dissolvant dans l'eau et en dosant l'acide sulfurique dans la solution, portée à un litre.

Nous avons constaté que, suivant la température de chauffe, il se forme deux anhydrides mixtes différents :

Un *anhydride monosulfoborique* ou *sulfate de boryle* $SO_3.B_2O_3$, soit

$$SO_2 < \begin{matrix} O-BO \\ O-BO \end{matrix}$$

et un *anhydride disulfoborique* ou *disulfate de boryle* $(SO_3)_2B_2O_3$, soit

$$O < \begin{matrix} SO_2-O-BO \\ SO_2-O-BO \end{matrix}$$

A 115-120°, le produit a la composition du premier anhydride :

3,4816 gr. B_2O_3 - 11,5620 gr. $BaSO_4$ par litre

	Trouvé	Calculé pour $SO_3.B_2O_3$
SO_3	53,24 %	53,35 %

Entre 180 et 200°, l'analyse indique un mélange des deux anhydrides, avec prédominance du second :

1. 5,5048 gr. B_2O_3 - 32,8780 gr. $BaSO_4$ (à 180°)
2. 4,7803 gr. B_2O_3 - 28,9860 gr. $BaSO_4$ (à 200°)

Trouvé : SO_3 67,19 ; 67,52 %

Il faut chauffer jusqu'à 230° pour avoir des chiffres correspondant exactement à la formule de l'anhydride disulfoborique :

2,7440 gr. B_2O_3 – 18,3800 gr. $BaSO_4$

	Trouvé	Calculé pour $(SO_3)B_2O_3$
SO_3	69,67 %	69,58 %

Les deux anhydrides sulfoboriques sont très semblables d'aspect et de propriétés ; ils constituent tous

deux des substances blanches, amorphes, légères et friables : ils sont hygroscopiques et déliquescents, sans cependant fumer à l'air humide. Ils ne présentent pas de point de fusion; chauffés en vase ouvert au-dessus de 100°, ils se dissocient, perdent peu à peu tout leur anhydride sulfuriqne et laissent un résidu d'anhydride borique pur. Ils sont facilement et complètement solubles dans l'eau froide, en donnant un mélange des deux acides.

Les alcools les décomposent aussi à froid. Nous avons étudié cette réaction d'un peu plus près, afin de la comparer à celles que fournissent, dans les mêmes conditions, certains autres anhydrides mixtes. Friedel et Ladenburg[1] ont, en effet, observé que l'*anhydride acétosilicique* est décomposé par l'alcool, en donnant de l'éther acétique et de la silice gélatineuse :

$$Si(OCOCH_3)_4 + 4\ C_2H_5OH = 4\ C_2H_5OCOCH_3 + Si(OH)_4$$

D'autre part, ainsi que Mlle Géleznoff et l'un de nous l'ont montré[2], l'*anhydride acétoborique* réagit sur les alcools de la manière inverse : il se forme un éther borique et de l'acide acétique libre :

$$B(OCOCH_3)_3 + 3\ C_2H_5OH = B(OC_2H_5)_3 + 3\ CH_3COOH$$

Enfin, l'*anhydride acéto-arsénieux* agit dans les deux sens à la fois, et on obtient un mélange de 4 produits : anhydride arsénieux, acide acétique, éther arsénieux et éther acétique[3] :

$$As(OCOCH_3)_3 + 3\ C_2H_5OH = As(OC_2H_5)_3 + 3\ CH_3COOH$$
$$2As\ (OCOCH_3)_3 + 6\ C_2H_5OH = 6\ CH_3COOC_2H_5 + As_2O_3 + H_2O$$

[1] *Comptes rendus* **64**. 84.
[2] *Archives des Sc. phys. et nat.* (4) **16**. 642.
[3] A. Pictet et A. Bon, *Bulletin de la Soc. chimique* (3) **33**. 1139.

Il nous a paru intéressant de rechercher comment se comporteraient, vis-à-vis des alcools, nos anhydrides sulfoboriques (nous avons utilisé pour ces essais l'anhydride disulfoborique), et si la réaction se passerait selon l'une ou l'autre des équations suivantes, ou selon toutes deux à la fois :

$$(SO_3)_2B_2O_3 + 2\ C_2H_5OH = B_2O_3 + 2\ C_2H_5.HSO_4$$
$$(SO_3)_2B_2O_3 + 6\ C_2H_5OH = 2\ B\ (OC_2H_5)_3 + 2\ H_2SO_4 + H_2O$$

L'anhydride disulfoborique se dissout dans l'alcool avec un dégagement de chaleur assez considérable. Lorsqu'on soumet ensuite la solution à la distillation fractionnée, il passe d'abord l'alcool en excès, puis, vers 118°, un liquide incolore possédant les propriétés et la composition du *borate d'éthyle*. Le résidu est constitué uniquement par de l'acide sulfurique, sans mélange d'acide éthylsulfurique ou d'anhydride borique. La réaction s'est donc effectuée exclusivement selon la seconde des équations indiquées plus haut.

Nous avons dosé le bore dans le borate d'éthyle d'après la méthode de Gooch et Rosenbladt[1].

0,8401 gr. de subst. ont donné 0,1913 gr. B_2O_3

	Trouvé	Calculé pour $B\ (OC_2H_5)_3$
B	7,16 %	7,52 %

Avec les alcools méthylique et amylique nous avons obtenu de la même manière le *borate de méthyle* (point d'ébullition 65°) et le *borate d'amyle* (point d'ébullition 255°). Les rendements se rapprochant de très près de ceux qu'exige la théorie, ce procédé nous semble pouvoir être utilisé avec avantage pour la préparation des éthers boriques.

[1] *Zeitschrift für analytische Chemie* **26**. 18.

IV. Anhydride sulfurique et anhydride chromique.

L'anhydride chromique du commerce s'échauffe et prend une coloration verte lorsqu'on le mélange à l'anhydride sulfurique. Il n'en est pas de même de l'anhydride chromique chimiquement pur ; celui-ci ne réagit pas à froid sur l'anhydride sulfurique ; il n'y a ni élévation de température, ni changement de couleur, et il faut chauffer jusqu'à 75° pour qu'une réaction se produise.

Nous avons purifié l'anhydride chromique en le faisant cristalliser plusieurs fois dans l'acide sulfurique, en le lavant ensuite à l'acide nitrique concentré, en le séchant dans le vide et enfin en le chauffant à 150° pour chasser les dernières traces d'acide nitrique. Nous avons contrôlé la pureté du produit par titrage au moyen de l'hyposulfite de soude, et constaté qu'il ne renfermait, entre autres, aucune trace d'acide sulfurique.

4,277 gr. d'anhydride chromique ainsi purifié ont été chauffés en tube scellé à 75° pendant 6 heures avec 8 gr. d'anhydride sulfurique fraîchement distillé. Après refroidissement, le produit de la réaction forme une masse poreuse, de couleur jaune un peu brunâtre, parsemé de points verts. A l'ouverture du tube, on constate une forte pression ; le gaz qui se dégage est de l'oxygène. Il y a donc eu transformation partielle de l'anhydride en oxyde chromique ; celui-ci s'est combiné à l'anhydride sulfurique pour donner du sulfate chromique, lequel forme les points verts.

Quant à la masse jaune qui forme la partie essentielle du produit (environ 90 %), elle constitue bien un

anhydride mixte des acides chromique et sulfurique. Lorsqu'après avoir chassé l'excès d'anhydride sulfurique comme il a été dit à propos des anhydrides sulfoboriques, on laisse l'air humide rentrer dans le tube, son contenu prend immédiatement une couleur rouge vif, due à la régénération de l'anhydride chromique; il y a en même temps formation d'acide sulfurique.

Par addition d'eau froide, la substance se dissout rapidement, avec un grand dégagement de chaleur, et la solution renferme (à côté d'un peu de sulfate de chrome) les acides sulfurique et chromique libres.

Nous n'avons trouvé aucun moyen de séparer la masse jaune et les points verts qui la parsèment, et par conséquent d'isoler l'anhydride mixte à l'état de pureté. Mais nous avons déterminé sa composition en dosant, dans la solution aqueuse du produit brut, les deux acides qui s'y trouvent à l'état libre. Les résultats de ce dosage montrent qu'ils y sont dans le rapport de leurs poids moléculaires, ce qui conduit, pour *l'anhydride sulfochromique*, à la formule $SO_3.CrO_3$, soit

$$SO_2 < {O \atop O} > CrO_2 \text{ (\textit{sulfate de chromyle})}.$$

1. Dosage de l'acide chromique par titrage à l'hyposulfite de soude :

CrO_3 employé : 4,2770 gr.
CrO_3 retrouvé dans la solution : 3,6764 gr.

Différence 0,6606 gr., représentant le poids de l'anhydride transformé en oxyde.

2. Dosage de l'acide sulfurique total : Trouvé 10,7400 gr. $BaSO_4$ dans un litre de solution, ce qui correspond à 3,6826 gr. SO_3. Si on soustrait de ce dernier chiffre le poids du SO_3 contenu dans le sulfate

de chrome, lequel poids est, suivant le calcul, de 0,7205 gr., il reste 2,9621 gr. d'anhydride sulfurique contenus dans l'anhydride mixte.

Les rapports pondéraux de SO_3 et CrO_3 dans l'anhydride sulfochromique sont donc

		Calculé pour $SO_3.CrO_3$
SO_3	2,9621 gr., soit 44,62 %	44,43 %
CrO_3	3,6764 gr., soit 55,38 %	55,57 %

Nous avons cherché à éviter la formation du sulfate chromique en chauffant les deux anhydrides, sinon moins haut (au-dessous de 75° il n'y a pas de réaction), du moins pendant un temps plus court (1 heure au lieu de 6). Nous avons constaté qu'en effet, dans ces conditions, la quanté d'oxygène mise en liberté est insignifiante et que les points verts font défaut ; mais ils sont remplacés par des points rouges d'anhydride chromique non combiné ; la réaction est incomplète et l'analyse accuse un déficit en anhydride sulfurique

	Trouvé	Calculé pour $SO_3.CrO_3$
SO_3	39,96 %	44,43 %

Si, en revanche, on chauffe à une température plus élevée (6 heures à 150°), la pression due à l'oxygène est beaucoup plus forte et les parties vertes plus considérables. L'analyse du produit indique une teneur en SO_3 de 51,67 %, intermédiaire entre celles qu'exigent les formules $SO_3.CrO_3$ et $(SO_3)_2CrO_3$. Il semble donc qu'il y ait, à cette température, tendance à la formation d'un anhydride disulfochromique (analogue à l'anhydride disulfoborique). Mais celui-ci ne saurait être préparé de cette manière à l'état pur, étant donnée l'importance que prend en même temps le phénomène accessoir de la réduction de l'anhydride chromique.

Conclusions.

Les expériences dont nous venons de donner un résumé montrent que l'anhydride sulfurique se combine directement aux anhydrides nitrique, nitreux, borique et chromique, en donnant naissance aux anhydrides mixtes suivants :

1° Un *anhydride sulfonitrique* (tétrasulfate d'azotyle) $(SO_3)_4N_2O_5$, fusible à 124-125°, distillable sans décomposition à 218-220°.

2° Un *anhydride sulfonitreux*, dont la composition répond très probablement à la formule $(SO_3)_5(N_2O_3)_2$; son point de fusion est situé à 198-200°, son point d'ébullition à 302-305°.

3° Deux *anhydrides sulfoboriques* (sulfate et disulfate de boryle) $SO_3.B_2O_3$ et $(SO_3)_2B_2O_3$, se dissociant au-dessous de leur point de fusion.

4° Un *anhydride sulfochromique* (sulfate de chromyle) $SO_3.CrO_3$, de couleur jaune, que la chaleur décompose facilement, avec production d'oxygène et de sulfate de chrome.

Genève, Laboratoire de chimie inorganique de l'Université.

SUR LES

PROPRIÉTÉS MAGNÉTIQUES

DE LA

MAGNÉTITE CRISTALLISÉE

PAR

Victor QUITTNER

(*Suite* [1])

Résultats des expériences

Comme je l'ai mentionné, mes premières expériences ont été faites sur les mêmes plaques dont M. Weiss s'était servi pour ses premières observations. Les premières mesures ont été effectuées sur la plaque parallèle à la face du prisme, avec des champs faibles (50-100 gauss) ; la fig. 6 donne la courbe de la composante normale obtenue pour les trois valeurs du champ H = 57,3 ; 78,7 ; 94,5 gauss, avec comme abscisses les angles que le champ extérieur fait avec l'un des axes cristallographiques principaux (axe quaternaire), et comme ordonnées les composantes de l'aimantation perpendiculaire au champ ; l'échelle des ordonnées est arbitraire.

La figure 6 représente les courbes de la composante

[1] Voir *Archives*, t. XXVI, octobre 1908, p. 358.

normale pour les trois valeurs du champ 57,3 ; 78,7 ; 94,5 gauss. A chaque valeur du champ correspondent deux courbes : l'une (la courbe inférieure) correspond aux angles croissant de 0°-360°, l'autre aux angles décroissant de 360°-0°. La surface comprise entre les deux courbes représente l'hystérésis de rotation, et, au début, pour obtenir les valeurs de la composante normale corrigée de l'hystérésis, je pris simplement la moyenne arithmétique entre les deux courbes.

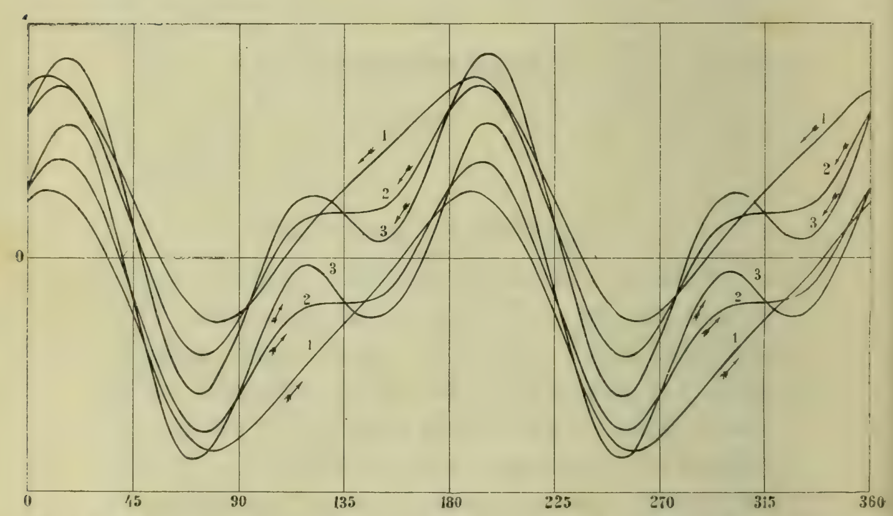


Fig. 6. Composante normale dans une plaque parallèle à la surface du cube (plaque I,1). Courbes 1... H = 57,3 Gauss ; courbes 2... H = 78,4 G. ; courbes 3... H = 94,5 G.

On pourrait se demander si, lorsque les deux courbes sont à une certaine distance l'une de l'autre, les valeurs que l'on obtient ainsi, correspondent réellement à des valeurs exemptes d'hystérésis. Pour éclaircir ce point, j'ai exécuté les mesures de contrôle suivantes : l'aimantation fut dirigée dans une direction déterminée, en faisant osciller un champ puissant

autour d'une position finale, en laissant décroître l'amplitude des oscillations. Le champ étant ensuite fixé dans cette position on l'amenait lentement à zéro en commutant continuellement le courant. La désaimantation étant ainsi obtenue, on lançait dans le circuit un courant déterminé et on le faisait changer de sens jusqu'à ce qu'un régime permanent soit établi ; on mesurait alors la déviation pour les deux positions du commutateur, et l'on prenait la moyenne des deux valeurs ainsi obtenues, qui d'ailleurs étaient très voisines l'une de l'autre. En répétant cette mesure pour toutes les directions du champ de 0 à 180° pour le même courant (en désaimantant chaque fois comme il vient d'être dit) j'obtins une courbe qui coïncidait absolument, dans la limite des erreurs, avec la courbe résultant des mesures faites selon la méthode ordinaire, en prenant la moyenne des rotations à droite et à gauche. Cette coïncidence obtenue pour plusieurs courbes démontrait que la moyenne des deux courbes correspondant à la rotation à droite et à gauche, correspond bien à la valeur de la composante normale, abstraction faite de l'influence de l'hystérésis.

La fig. 7 donne les courbes moyennes correspondant aux courbes de la fig. 6. L'on voit, au premier coup d'œil, que ces courbes ne présentent pas la symétrie cubique. A 0° et 180° comme à 90° et 270° se trouvent les deux axes principaux (axes quaternaires); à 45°, 225° et à 135°, 315° les deux diagonales de la face du cube (axes binaires). Si la symétrie était celle du système cubique, les deux axes devraient être absolument équivalents à 0°, 180° et à 90°, 270°; de plus, les ordonnées devraient avoir la même valeur à 0° et

90°, la courbe devrait couper les axes sous le même angle, et en un mot se répéter identiquement à elle-même pour chaque portion de 90°, en formant par conséquent de 0° à 360° quatre ondes superposables. Au lieu de cela on voit que la courbe 1 ne présente entre 0° à 360°, pour H = 57,3 gauss, que deux ondes identiques : les phénomènes ne sont pas les mêmes pour

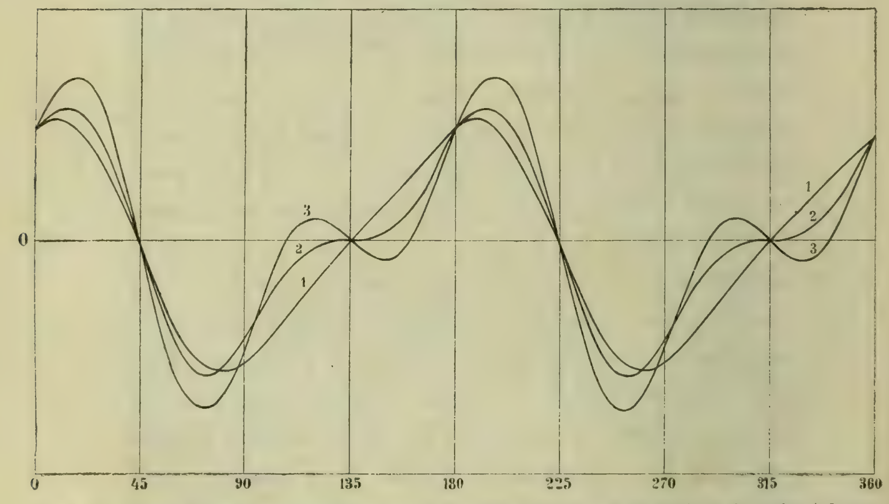


Fig. 7. Composante normale dans une plaque parallèle à la surface du cube (plaque I.1). Courbe 1... H = 57,3 Gauss ; courbe 2... H = 78,4 G. ; courbe 3... H = 94,5 G

des positions distantes de 90°, et ne se reproduisent qu'après 180°.

La symétrie n'est donc pas celle du système cubique.

D'autre part, la répétition des phénomènes de 180° en 180° montre, qu'au point de vue magnétique il n'y a pas d'hémiëdrie ; l'on constate cependant une petite différence, et cette différence, pour des plaques étudiées plus tard, était un peu plus grande et parfaitement régulière. Cette observation s'explique en partie par le magnétisme terrestre dont l'action dans l'une

des positions s'ajoute à celle du champ et s'en retranche dans l'autre. Il reste cependant encore une petite différence que l'on ne peut expliquer de cette manière ; elle est cependant si faible qu'elle ne permet pas de conclure à l'existence d'une hémiëdrie ; nous supposons plutôt qu'il subsiste une petite cause d'erreur inexpliquée.

En comparant les trois courbes de la fig. 7, l'on constate que la courbe 1 ne présente qu'une onde complète de 0° à 180°, qui fléchit brusquement à 45° dans la direction de l'une des diagonales, pour remonter plus lentement dans la direction de l'autre, où elle présente déjà une légère inflexion. Cette inflexion s'est tellement accentuée à la courbe 2 (H = 78.7 gauss), qu'à la diagonale correspondant à 135°, nous trouvons une région assez longue de la courbe, presque parallèle à l'axe des abscisses. Enfin la courbe 3 (H = 94,5 gauss) présente, pour la dite diagonale, une seconde onde, bien marquée ; en opérant avec des champs plus puissants, cette onde augmente rapidement, et prend pour les valeurs de H de 300 à 400 gauss une amplitude presqu'égale à celle de la première onde. Pour des champs de plus en plus forts, la manière dont la magnétite se comporte se rapproche de plus en plus de la symétrie cubique, et c'est pourquoi les phénomènes que nous venons de décrire n'avaient pas été constatés par M. Weiss : il avait opéré en effet avec un champ relativement fort (353 gauss). Cependant, même pour les courbes qui résultent de ses expériences, on reconnaît un écart bien marqué avec la symétrie cubique, en ce sens que, même pour la plaque cubique les ondes de plus grande amplitude alternent avec des ondes d'amplitude moindre.

On voit, en tous cas, que les deux axes principaux situés dans le plan de la plaque cubique ne sont pas équivalents : on peut se demander si le troisième axe, perpendiculaire au plan de la plaque est équivalent à l'un des deux premiers, ou si les trois axes se comportent différemment au point de vue magnétique. Dans le premier cas, nous aurions à faire à la symétrie du système quadratique, dans le second à celle du système orthorhombique. On pourrait trancher cette question en taillant des plaques parallèlement aux différentes faces du même cristal ; mais il est plus simple et plus sûr de se servir d'une plaque octaédrique, qui, si elle ne renferme aucun des trois axes principaux fait avec chacun d'eux des angles égaux. Si la symétrie est cubique, on doit avoir de 0° à 180° trois ondes identiques ; si elle est quadratique, on doit trouver deux ondes semblables, une troisième différente ; enfin pour la symétrie du système orthorhombique les trois ondes devraient être différentes, l'une des trois ou même deux pouvant disparaître complètement.

La fig. 8 montre les courbes obtenues en opérant avec une plaque octaédrique pour deux valeurs différentes du champ. Pour une valeur faible du champ (63,0 gauss), il n'y a que deux ondes dont les amplitudes sont très différentes ; la troisième onde n'est que faiblement marquée (courbe supérieure). Pour une valeur plus forte du champ (78,7 gauss, courbe inférieure), on trouve les trois ondes ; mais leurs amplitudes sont très différentes, et elles ne commencent à avoir des valeurs se rapprochant les unes des autres que pour des champs considérablement plus forts, tandis que pour des champs très faibles, il n'y a plus qu'une onde unique. Ces courbes permettent de cons-

tater que nous n'avons pas non plus à faire à la symétrie du système quadratique ; par conséquent *la magnétite, en ce qui concerne ses propriétés magnétiques, posséde tout au plus la symétrie orthorhombique.*

Ce point une fois éclairci, il restait à déterminer s'il s'agit là réellement d'une propriété générale, soumise à des lois déterminées et, si possible, de déterminer ces lois.

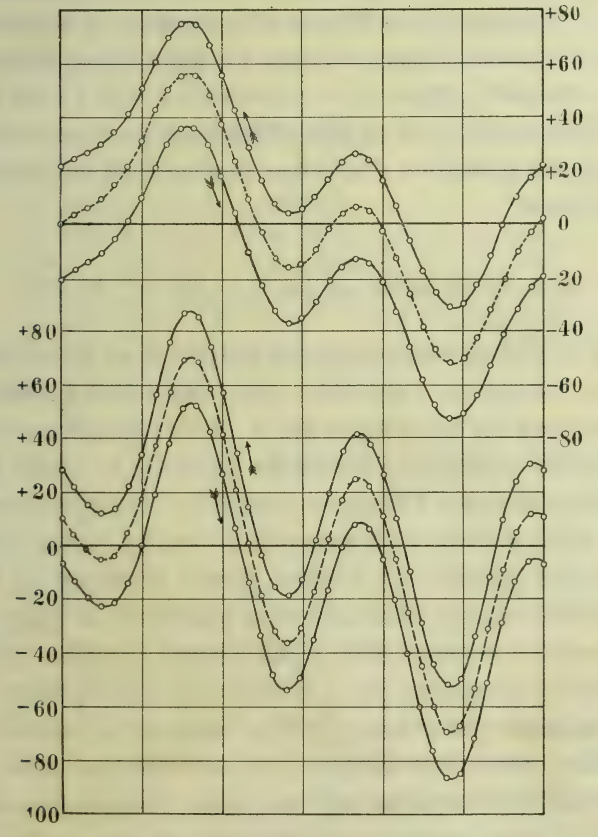


Fig. 8. Composante normale dans une plaque parallèle à la surface de l'octaèdre (plaque I,3). Courbes supérieures... H = 63,0 Gauss : courbes inférieures... H = 78,7 Gauss.

Les plaques dont je disposais à ce moment ne pouvaient servir à des déterminations de ce genre, d'abord à cause de leur petit nombre, puis parce que j'ignorais parallèlement à *quelle* face du cube ou de l'octaèdre elles avaient été taillées. J'ai donc fait tailler, dans les cristaux qui me restaient des plaques parallèles à chacune des trois faces du cube, et j'ai fait marquer sur ces plaques les trois axes principaux par les lettres a, b, c: il devenait possible, de cette manière, d'identifier les directions correspondantes sur différentes plaques. Ces plaques, grâce à la connaissance que j'avais de leurs dimensions et de leurs cœfficients de désaimantation, me permirent d'effectuer des mesures en valeurs absolues.

Mesures exécutées sur les Cristaux IV, V, VI.

J'ai déjà mentionné que les cristaux II et III étaient peu homogènes, en sorte que seules les mesures effectuées sur les cristaux IV, V, VI me donnèrent des résultats utilisables. Parmi ces derniers, le cristal V, provenant du val d'Usseglio, montra des propriétés toutes particulières. Contrairement à tous les autres cristaux, sa symétrie ne s'écarta jamais beaucoup de la symétrie cubique. Mais ce cristal présentait des phénomènes de viscosité très considérables, si bien qu'à chaque changement ou à chaque rotation du champ, l'aimantation ne prenait que très lentement sa nouvelle valeur. Nous reviendrons d'ailleurs sur ces phénomènes. Il est évident que ce cristal, à cause de cette propriété, se prêtait moins bien que d'autres aux expériences.

Les plaques IV et VI m'ont servi à faire de nombreuses mesures des deux composantes de l'aimantation, dont je ne puis rapporter ici que les plus caractéristiques.

La symétrie de presque toutes les plaques différait plus ou moins de la symétrie cubique; lorsqu'elle se rencontrait dans une plaque, on la retrouvait pour les deux composantes, comme on pouvait d'ailleurs s'y attendre. Le tableau suivant donne les résultats des différentes plaques à ce point de vue.

Cristal	Plaq. n°	Orientation	Différence avec le système cubique	Observations
IV	1	C a. c.	—	irrégularités
»	2	C a. c.	forte	—
»	3	C a. b.	très faible	—
»	4	C a. b.	très faible	—
»	5	C a. b.	très faible	—
»	6	D. c	—	irrégularités
»	7	O	assez forte	—
»	1	C a. b.	presque nulle	forte viscosité
»	2	C a. b.	presque nulle	forte viscosité
»	3	C a. e.	presque nulle	forte viscosité
»	4	C b. c.	presque nulle	forte viscosité
»	5	O	presque nulle	forte viscosité
VI	1	C a. b.	forte	
»	2	C a. b.	faible	
»	3	C a. c.	forte	
»	4	C b. c.	presque nulle	
»	5	O	forte	
»	6	O	forte	

Les majuscules C, D, O signifient que les plaques sont parallèles aux faces du cube, du dodecaèdre ou de l'octaèdre, les minuscules a, b, c désignent les trois axes principaux. Ainsi, par exemple, C a b désigne une

plaque cubique qui contient les axes a et b et qui est perpendiculaire à l'axe c etc. Pour les plaques octaédriques, les distinctions de ce genre ne sont pas possibles. On voit que la propriété que nous cherchons à étudier ne se manifeste pas régulièrement sur toutes les plaques. Certaines plaques même, taillées dans le même cristal et dans la même direction, qui par conséquent devraient être absolument identiques, présentent de grandes différences comme on peut le voir d'une manière très nette sur les plaques VI 1 et VI 2. D'autres fois, deux plaques parallèles de ce genre se comportent d'une manière tout à fait identique. Les plaques VI 5 et VI 6 dont les courbes sont représentées à la fig. 15 en fournissent un bel exemple.

Parmi les plaques étudiées, je vais examiner maintenant de plus près deux plaques cubiques bien typiques, VI 4 et VI 1, dont la première s'écarte très peu, la seconde beaucoup de la symétrie cubique. Le tableau I donne (en valeurs absolues, comme tous les autres tableaux) les valeurs obtenues sur la plaque symétrique VI, 4 pour la composante normale, le tableau II celles obtenues pour la composante parallèle en fonction de l'angle du champ avec l'un des deux axes principaux[1]. Il n'est pas tenu compte, dans ces tableaux de la désaimantation, car, alors, on aurait eu pour chaque point une valeur différente du champ. Comme c'est la physionomie générale des courbes qui importe ici, on a pu se dispenser de cette correction.

[1] L'évaluation des angles se faisait toujours à partir de l'un des axes principaux ; mais comme les axes principaux n'étaient pas toujours connus exactement avant les mesures, les valeurs mesurées, et données directement dans les tableaux et les courbes ne correspondent pas toujours à un nombre rond de degrés.

Tableau I. — Plaque VI,4 Composante normale.

H =	31.5	63.0	94.5	126.0
Angle	Composante normale de l'aimantation			
7°	+ 0.54	— 0.72	— 6.09	—13.01
17°	+ 0.61	— 2.63	—13.35	—26.67
27°	+ 0.62	— 2.73	—13.40	—26.03
37	+ 0.38	— 1.39	— 7.01	—13.72
47	— 0.02	+ 0.39	+ 1.55	+ 2.56
57	— 0.42	+ 2.03	+ 9 50	+18.21
67	— 0.62	+ 2.92	+13.74	+27.65
77	— 0.62	+ 2.14	+11.32	+23.52
87	— 0.50	— 0.13	+ 2.28	+ 5.59
97	— 0.30	— 2.73	— 8.64	—15.88
107	— 0.11	— 4.36	—15.20	—28.85
117	— 0.04	— 4.05	—14.42	—26.61
127	— 0.12	— 2.15	— 7.48	—13.32
137	— 0.29	+ 0.34	+ 1.90	+ 3.54
147	— 0.33	+ 3.15	+10.75	+19.47
157	— 0.18	+ 4.61	+16.03	+29.42
167	— 0.06	+ 4.39	+14.27	+26.60
177	+ 0.37	+ 2.19	+ 5.20	+ 9.15

Tableau II. — Plaque VI,4 Composante parallèle.

H =	31.5	63.0	126.0	298.0	596
Angle	Composante parallèle de l'aimantation				
0°	131.8	209.5	286.9	373.2	447.5
10°	131.8	210.8	291.0	381.4	454.9
20	131.5	213.9	301.5	396.9	456.3
30	131.5	216.8	314.1	410.5	463.9
40	132.1	219.6	323.3	422.5	464.2
50	132.1	219.3	323.9	418.4	465.8
60	132.1	217.4	318.2	414.9	460.4
70	132.1	214.6	304.9	399.4	456.9
80	131.8	212.0	293.9	383.6	447.8
90	132.1	210.8	288.2	373.8	448.7
100	131.5	210.5	291.4	380.8	450.0
110	131.8	212.4	300.8	396.9	456.3
120	132.4	214.2	314.1	412.7	462.6
130	132.4	215.8	323.0	419.3	465 8
140	132.1	215.5	321.7	421.5	465.5
150	131.8	213.3	315.7	414.6	462.9
160	131.5	211.7	304.6	400.1	457.3
170	131.5	208.9	292.3	387.7	452.5

Les fig. 9 et 10 (côté gauche) donnent le diagramme des deux composantes de l'aimantation pour ces deux plaques. Comme on le voit, pour les champs faibles (jusqu'à 30 gauss), la composante parallèle ne présente pas de différences bien sensibles dans les différentes directions, et la composante normale n'a que des valeurs très faibles. La matière est donc isotrope jusqu'à cette valeur là du champ. Plus loin, on constate bientôt une différence de la valeur de l'aimantation dans les différentes directions, et la composante parallèle dans la direction de la diagonale est plus grande que dans la direction des axes. En même temps, la composante normale commence à croître très rapidement et donne lieu de l'origine à 180° à deux ondes presque semblables. Dans la direction des axes et des diagonales, on rencontre des zéros de la composante normale et des minima et maxima de la composante parallèle. Ces faits correspondent absolument à la symétrie du système cubique ; ils correspondent aussi aux résultats obtenus par M. Weiss. Lorsque le champ continue à augmenter, les différences des valeurs de la composante parallèle suivant les différentes directions sont de plus en plus grandes, et l'amplitude des ondes de la composante normale augmente dans la même proportion. Mais cette augmentation de l'anisotropie atteint finalement une limite, et pour des champs encore plus forts, les courbes de la composante parallèle deviennent de plus en plus plates, et lorsque la saturation est atteinte ,la courbe de la composante parallèle est redevenue une droite parallèle aux abscisses tandis que la composante

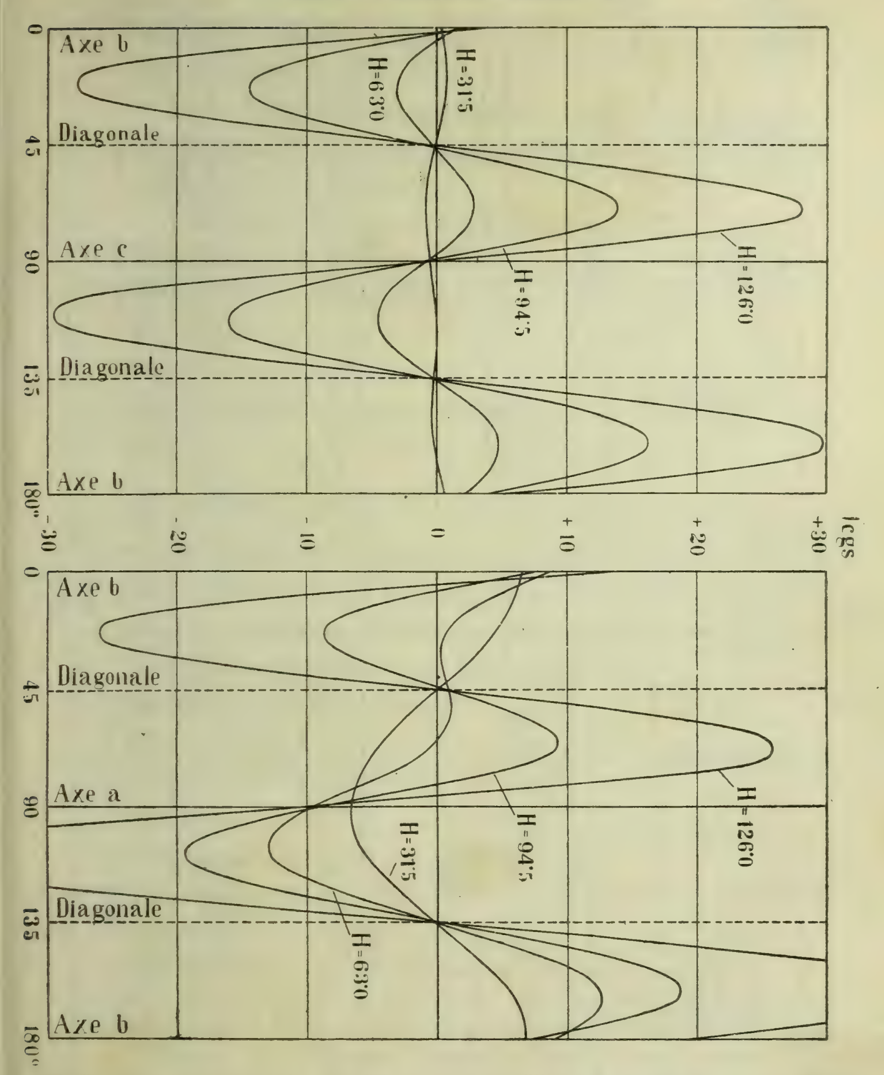


Fig. 9. Composante normale dans des plaques parallèles à la surface du cube en champs faibles : à gauche plaque VI,4 (symétrie du système cubique), à droite plaque VI,1 (symétrie du système rhombique).

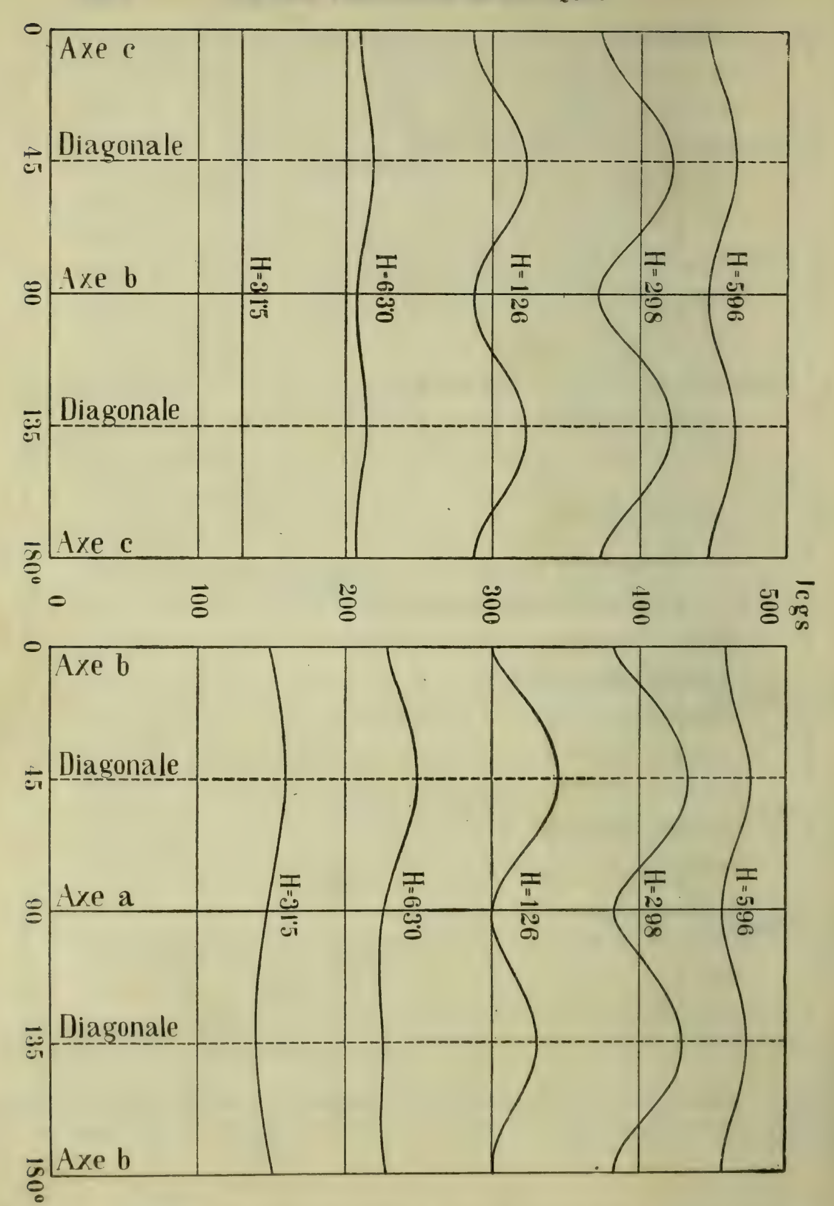


Fig. 10. Composante parallèle dans des plaques parallèles à la surface du cube ; à gauche plaque VI,4 (symétrie cubique), à droite plaque VI,1 (symétrie rhombique).

normale diminue continuellement et se rapproche asymptotiquement de zéro[1].

Pour des champs très puissants, la matière est donc de nouveau isotrope, et la saturation a la même valeur dans toutes les directions.

Le tableau III donne les courbes de l'aimantation, dans la direction des axes et des diagonales, en tenant compte de la correction relative à la désaimantation ; les valeurs portées sont la moyenne arithmétique des valeurs trouvées pour les deux axes ou pour les deux diagonales. Pour le coefficient de désaimantation N j'ai pris la valeur du rapport de l'épaisseur au diamètre $\frac{\delta}{d}$ 13,44 ; $N = 13{,}44 \times 0{,}0119 = 0{,}160$.

Ces courbes d'aimantation sont représentées graphiquement dans la fig. 11 (côté gauche) ; on voit que ces deux courbes coïncident longtemps au début ; puis la courbe correspondant à la diagonale s'élève au-dessus de celle qui correspond à l'axe ; enfin, pour des valeurs élevées du champ, les deux courbes se rencontrent de nouveau pour suivre la même marche. A la saturation on a $I_{max} = 482$. Elle semble pratiquement atteinte pour $H = 1500$ gauss.

[1] Le tableau I et la fig. 9 (côté gauche) ne donnent pas les valeurs de la composante normale pour des champs élevés; on reconnait cependant très bien la relation entre la valeur du champ et celle de la composante normale au tableau IV (fig. 12 moitié supérieure), qui correspond à la plaque VI 1. Pour ces champs élevés, les différentes plaques se comportent presque identiquement.

TABLEAU III. — Plaque VI,4.

H non corrigé	Moyenne des axes		Moyenne des diagonales	
	H corrigé	Ip	H corrigé	Ip
11.92	2.89	55.0	2.89	55.0
20.86	5.58	93.2	5.63	92.9
31.5	9.9	131.9	9.8	132.2
47.3	18.4	176.0	18.0	178.5
63.0	28.5	210.1	27.3	217.8
94.5	52.3	257.0	47.4	280.7
126.0	78.8	287.6	72.8	323.8
208.6	153.2	337.2	145.4	385.1
298.0	236.7	373.5	228.8	422.1
417	350	410.7	343	448.3
596	522	448.1	520	465.9
894	817	469.7	816	477.1
1192	1114	477.6	1113	480.5

Nous allons discuter maintenant les résultats obtenus sur la plaque VI, 1. Les tableaux IV et V donnent, comme précédemment, les valeurs des composantes parallèle et normale. La fig. 10 (côté droit) représente les courbes de la composante parallèle ; la fig. 9 celles de la composante normale pour des champs faibles ; la fig. 11 enfin représente les courbes de la composante normale pour des champs forts.

On voit au premier coup d'œil la différence considérable qu'il y a entre ces courbes et celles de la plaque VI, 4. Tandis que, pour cette dernière, c'est à peine si pour des champs de 30 gauss on commence à constater une anisotropie, ici les courbes de la composante parallèle présentent déjà pour cette valeur du champ des différences bien marquées suivant les directions, et la valeur de la composante normale est déjà considérable. Les courbes qui lui correspondent présentent absolument le même caractère que celles qui se rap-

TABLEAU IV. — Plaque VI,1.

H =	31.5	63.0	94.5	126.0	H =	208.6	298.0	596	1490	2805
Angle	Composante normale de l'aimantation				Angle	Composante normale de l'aimantation				
2°	+ 6.49	+ 7.74	+ 5.16	+ 8.59	5°	−12.94	−28.39	−46.66	−17.91	− 8.14
12	+ 5.82	+ 3.49	− 4.52	−15.76	15	−45.42	−64.84	−68.70	−33.84	−18.25
22	+ 4.65	+ 0.96	− 8.53	−25.84	25	−45.41	−55.35	−54.29	−29.65	−17.07
32	+ 3.05	+ 0.45	− 6.43	−19.86	35	−26.29	−30.64	−29.13	−16.48	− 9.67
42	+ 0.93	+ 0.85	− 0.66	− 5.11	45	− 0.93	− 1.65	− 0.74	− 0.10	+ 0.39
52	− 1.53	+ 1.00	+ 5.05	+11.42	55	+24.77	+27.80	+28.16	+16.34	+10.43
62	− 3.56	+ 0.20	+ 8.80	+24.02	65	+45.56	+53.29	+53.49	+29.72	+18.00
72	− 5.12	− 1.83	+ 7.34	+24.97	75	+48.35	+65.65	+68.38	+33.95	+19.22
82	− 6.05	− 5.95	− 0.42	+ 9.00	85	+17.14	+34.06	+46.52	+17.52	+ 9.21
92	− 6.59	−10.32	−11.07	−17.56	95	−31.84	−45.66	−53.12	−19.92	− 9.47
102	− 6.13	−12.84	−18.40	−37.87	105	−57.03	−70.53	−70.81	−35.43	−19.37
112	− 4.92	−12.09	−18.40	−40.22	115	−50.20	−57.13	−55.32	−30.71	−18.32
122	− 2.98	− 8.00	−12.21	−27.61	125	−28.30	−31.13	−29.90	−17.31	−10.75
132	− 0.78	− 2.13	− 3.00	− 8.56	135	− 2.07	− 1.47	− 1.39	− 1.05	− 0.61
142	+ 1.56	+ 4.32	+ 6.92	+12.86	145	+25.60	+28.42	+27.38	+15.61	+ 9.56
152	+ 3.79	+ 9.73	+15.15	+31.11	155	+48.39	+55.06	+53.17	+29.32	+17.42
162	+ 5.52	+12.41	+18.56	+40.08	165	+56.87	+70.47	+69.10	+34.20	+19.17
172	+ 6.47	+11.54	+14.92	+32.53	175	+34.62	+50.96	+52.45	+19.28	+ 9.84

Tableau V. — Plaque V,1.

H =	31.5	63.0	126.0	298.0	596
Angle	Composante parallèle de l'aimantation				
0°	150.9	230.2	301.6	384.4	458.7
10	153.9	233.7	311 3	396.7	461.3
20	156.5	240.3	323.7	413.4	466.2
30	158.1	247.1	338.1	426.1	470.1
40	158.8	249.4	345.6	431.6	476.6
50	158.8	249.7	344.9	432.9	476.9
60	157.5	246.8	338.4	427.7	471.4
70	156.2	240.9	324.7	413.4	466.8
80	152.9	233.7	309.0	396.4	459.3
90	150.0	229.5	300.9	383.7	458.7
100	148.0	225.6	302.2	390.9	462.3
110	145.1	224.9	312.3	409.5	466.5
120	143.8	225.3	324.0	421.8	470.7
130	142.8	226.6	331.2	430.0	474.7
140	142.1	226.9	331.2	429.3	474.7
150	143.8	227.2	325.3	423.1	471.1
160	146.0	225.9	313.9	409.5	468.8
170	148.7	227.2	304.2	393.5	459.3

portent au cristal I, et qui sont figurées à la fig. 7. Dans la direction des diagonales, la valeur de la composante normale est nulle pour toutes les valeurs du champ (les petits écarts sont dûs sans doute à des imperfections dans la forme des plaques ou à d'autres erreurs de ce genre) ; elle ne l'est pas dans la direction des axes. Pour des champs faibles, nous ne constatons qu'une onde entre 0° et 180° ; ce n'est que plus loin que commence à se développer la seconde onde dont l'amplitude se rapproche lentement de celle de la première. Nous avons discuté ces faits pour le cristal I. La composante parallèle se comporte ici d'une manière tout à fait analogue.

Les valeurs de l'aimantation sont pratiquement égales dans la direction des deux axes, pour toutes les

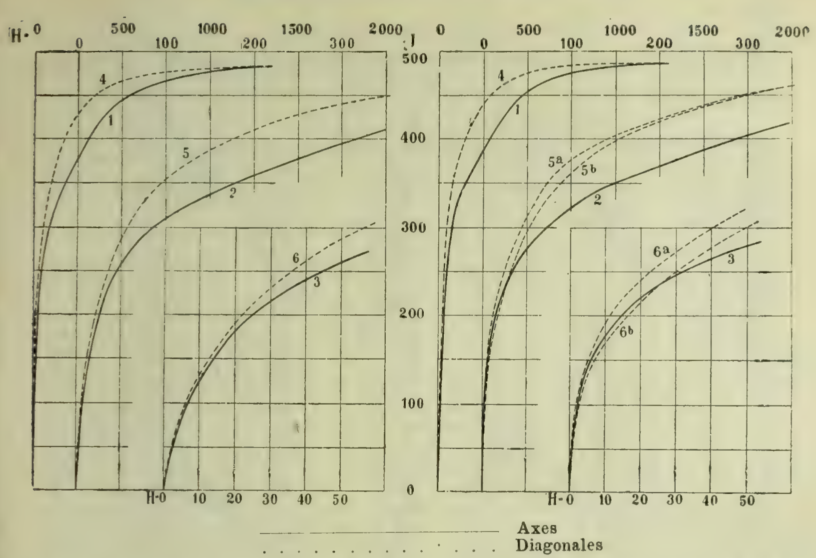


Fig. 11. Courbes d'aimantation ; à gauche plaque VI,4 (symétrie cubique), à droite VI,1 (symétrie rhombique). Courbes 1... axes principaux (quaternaires), courbes 4... diagonales (axes binaires), courbes 2 et 3... premières parties des courbes 1, courbes 5 et 6... premieres parties des courbes 2 ; les numérations supérieures se rapportent aux courbes 1 et 4, resp. 2 et 5, la numération inférieure aux courbes 3 et 6. La numération de l'ordonnée I est la même pour toutes les courbes. 5a et 5b de même que 6a et 6b représentent les deux diagonales de la plaque (voir dans le texte).

valeurs du champ, mais, tandis que pour la plaque précédente, l'aimantation, pour les champs faibles, était égale dans la direction des axes à l'aimantation dans la direction des diagonales, sa valeur, pour la plaque qui nous occupe, est plus grande dans la direction de l'une des diagonales et plus petite de la même quantité dans la direction de l'autre, que l'aimantation dans la direction des axes. De même, la composante parallèle ne présente, de 0° à 180°, qu'une onde ; le maximun et le minimum de l'aimantation se trouvent dans la direction des deux diagonales. Ce n'est que pour des champs plus forts que la seconde onde se développe, et il n'y a alors plus de différence

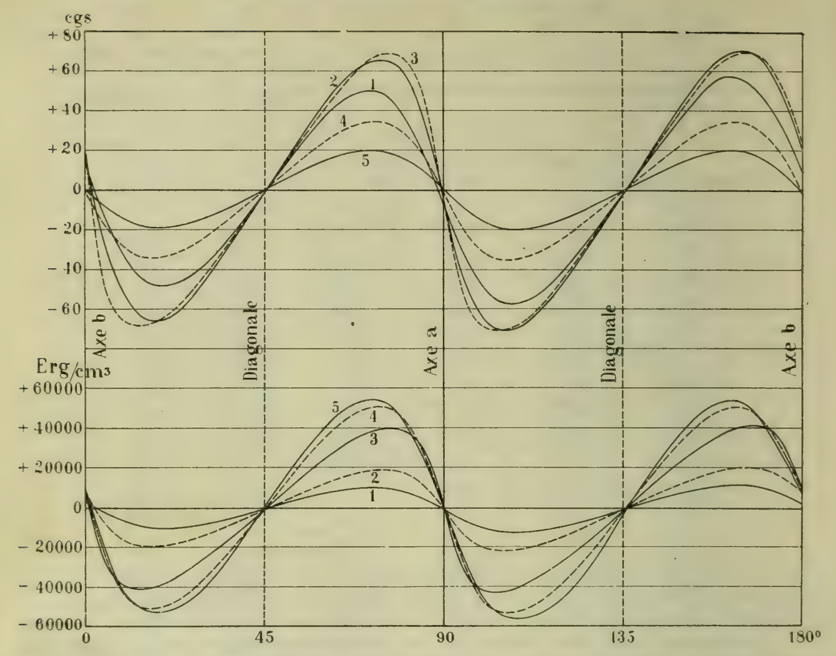


Fig. 12. Composante normale dans une plaque parallèle à la surface du cube (plaque VI,1) en champs élevés (partie supérieure) et couple exercé par le champ sur le cristal (partie inférieure); courbes 1... H = 208,6 Gauss; courbes 2... H = 298,0 G.; courbes 3... H = 596 G.; courbes 4... H = 1490 G.; courbes 5... H = 2805 G.

appréciable entre les deux plaques. Pour des champs encore plus élevés, la valeur de la composante parallèle se rapproche de la saturation, égale dans toutes les directions, tandis que la valeur de la composante normale diminue continuellement (voir fig. 11 et 12).

Il est intéressant de rechercher de quelle manière s'effectue la diminution de la valeur de la composante normale, en d'autres termes comment l'isotropie se produit pour des champs élevés. Le tableau VI donne les moments de torsion mesurés pour les différentes valeurs du champ au moyen de l'appareil représenté à la fig. 4, ou, ce qui revient au même, ce tableau donne le produit de la composante normale par la

TABLEAU VI. Plaque VI.1.

H =	208.6	298.0	596	1490	2805
Angle	Moments de torsion en 1000 Erg/cm³				
5°	— 2.70	— 8.46	—27.82	—26.68	—22.82
15	— 9.48	—19.32	—40.95	—50.42	—51.15
25	— 9.47	—16.49	—32.36	—44.18	—47.86
35	— 5.49	— 9.13	—17.37	—24.55	—27.10
45	— 0.20	— 0.49	— 0.44	— 0.15	+ 1.10
55	+ 5.17	+ 8.28	+16.79	+24.35	+29 25
65	+ 9.51	+15.88	+31.89	+44.27	+50.47
75	+10.09	+19.58	+40.76	+50.59	+53.89
85	+ 3.58	+10.15	+27.73	+26.11	+24.98
95	— 6.64	—13.60	—31.67	—29.68	—26.54
105	—11.90	—21.01	—42.21	—52.78	—54.30
115	+10.47	—17.02	—32.98	—45.75	—51.36
125	— 5.90	— 9.27	—17.82	—25.79	—30.13
135	— 0.43	— 0.44	— 0.83	— 1.57	— 1.72
145	+ 5.34	+ 8.47	+16.32	+23.25	+26.81
155	+10.10	+16.40	+31.70	+43.66	+48.83
165	+11.86	+21.00	+41.19	+50.95	+53.75
175	+ 7.22	+15.18	+31.27	+28.72	+27.58

valeur correspondante du champ puisqu'on a en effet : $D = HI$.

Le tableau VI, et mieux encore les courbes de la fig. 12 (partie inférieure) qui lui correspondent permettent de reconnaître que le moment de torsion se rapproche, à mesure que le champ augmente, d'une valeur limite constante dans toutes les directions. Pour chaque direction, la composante normale de l'aimantation est par conséquent inversement proportionnelle au champ, et tend vers zéro lorsque le champ augmente. La fig. 13 montre d'une manière très frappante cette augmentation au début, puis cette lente diminution de la composante normale. Les deux courbes de cette figure donnent la marche de la composante normale dans deux directions, distantes de 22° $^1/_2$ de part et d'autre de la même diagonale, soit

précisément au milieu entre un axe et une diagonale, là où (pour des champs élevés) la valeur de la composante normale est la plus grande. Dans leur partie supérieure, ces courbes présentent le caractère d'une hyperbole équilatère ; elles donnent une image de l'augmentation, puis de la diminution de l'anisotropie avec l'augmentation du champ. La différence qui existe entre les deux courbes représente la mesure dans laquelle la symétrie s'écarte de celle du système cubique. L'écart n'est pas très considérable, mais la sensibilité extrême de la méthode de déflexion en permet non seulement la démonstration, mais aussi la détermination quantitative exacte. Il faut remarquer encore que la valeur maximum est la même pour les deux courbes, mais correspond à des valeurs différentes du champ, ce qui s'expliquerait par une désaimantation interne quelconque, qui retarde les phénomènes dans une direction plus que dans l'autre ; nous y reviendrons d'ailleurs dans la partie théorique.

Enfin nous donnerons ici, comme pour les autres

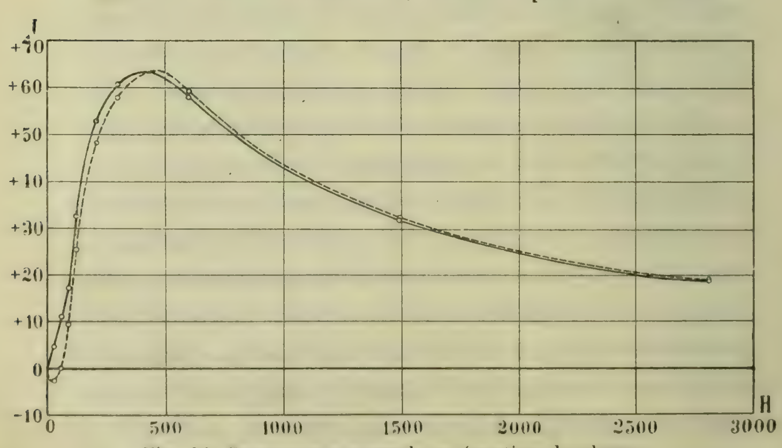


Fig. 13. Composante normale en fonction du champ.

plaques, les courbes et tableaux de l'aimantation pour les axes et pour les diagonales, avec la correction supprimant l'influence de la désaimantation.

Comme il existe, dans le cas qui nous occupe, une différence importante entre les deux diagonales, il est nécessaire de donner une courbe séparée pour chacune d'elle, tandis que pour les axes, il suffit de donner une seule courbe correspondant à la moyenne des valeurs obtenues pour chacun d'eux.

Tableau VII. — Plaque VI,1.

H sans correct.	Moyenne des axes		Diagonale 1		Diagonale 2	
	H corrigé	Ip	H corrigé	Ip	H corrigé	Ip
11.92	1.62	64.4	1.04	68.0	2.29	60.2
20.86	3.61	107.8	2.44	115.1	4.64	101.4
31.5	7.4	150.5	6.1	158.8	8.7	142.5
47.3	16.1	194.9	13.4	211.9	17.5	186.1
63.0	26.9	225.8	23.7	245.7	27.4	222.8
94.5	51.0	271.9	45.0	309.3	48.3	288.7
126.0	77.8	301.2	70.7	345.7	73.0	331.3
208.6	152.7	349.7	144.5	400.3	145.2	396.1
298.0	236.6	384.0	228.7	433.2	229.2	430.4
417	350	419.9	343	459.7	344	458.7
596	523	458.7	520	477.0	520	474.8
894	817	478.5	817	483.1	817	484.7
1192	1114	485.2	1114	486.1	1144	485.8

La fig. 11 montre conmment les deux courbes pointillées correspondant aux diagonales sont au début de quantités égales de part et d'autre de la courbe des axes tracée en trait plein ; elles s'élèvent ensuite audessus d'elle ; elles se rapprochent continuellement l'une de l'autre pour se confondre avec la courbe des axes au point de saturation. La valeur de l'aimantation au point de saturation est de 486 C. G. S., valeur presqu'égale à celle obtenue pour les autres plaques.

Toutes les autres plaques cubiques étudiées ont donné des résultats tout a fait analogues à ceux que nous venons d'exposer. Pour toutes les valeurs du champ, la composante normale présente deux zéros exactement placés dans la direction des diagonales, tandis que, dans la direction des axes, les zéros manquent ou ne coïncident qu'approximativement avec les axes. Pour des champs faibles, il n'y a en général qu'une onde entre 0° et 180°, la seconde onde n'apparaît que pour des champs plus élevés, pour lesquels la matière se rapproche de la symétrie du système cubique ; cependant quelques plaques présentaient cette symétrie déjà pour les champs les plus faibles (plaque VI, 4). On est tenté de considérer ce cas comme un cas particulier du cas précédent plus général, tout comme d'ailleurs, le système cubique et le système quadratique peuvent être considérés comme des cas particuliers du système orthorhombique.

Il n'y a que les plaques taillées dans le cristal V qui ont fait exception, en ce sens que la composante normale ne présentait pas toujours un zéro bien marqué dans la direction des diagonales, et que les deux courbes d'aimantation correspondant aux axes ne présentaient pas autant de concordance que dans les autres cas. Mais comme ce cristal présentait plus d'une anomalie, les résultats qu'il a fournis n'infirment pas les résultats obtenus pour les cristaux normaux.

Les plaques octaëdriques se comportèrent, pour des champs faibles du moins, d'une manière tout à fait analogue à celle de la plaque dont la courbe est figurée à la fig. 8.

Le tableau VIII avec les courbes de la fig. 14 don-

nent les valeurs de la composante normale pour une plaque taillée dans le même cristal VI (plaque VI, 5).

Pour des champs faibles, on ne trouve jamais qu'une

TABLEAU VIII. — Plaque VI,5.

H =	31.5	63.0	94.5	126.0	208.6	298.0	596	1490
Angle	Composante normale de l'aimantation.							
2°	- 2.43	- 3.61	- 4.70	- 5.38	- 6.12	- 3.20	- 1.98	- 1.11
12	- 1.36	- 3.06	- 6.58	- 8.93	- 5.65	+ 0.99	+ 1.57	+ 0.47
22	- 0.10	- 0.22	- 1.63	- 2.07	+ 1.19	+ 5.61	+ 4.46	+ 1.79
32	+ 1.31	+ 3.82	+ 6.29	+ 8.33	+ 9.66	+ 9.46	+ 5.67	+ 2.32
42	+ 2.54	+ 7.10	+12.61	+17.04	+15.88	+11.03	+ 5.20	+ 2.17
52	+ 3.49	+ 8.16	+13.84	+17.88	+14.41	+ 7.94	+ 3.49	+ 1.62
62	+ 3.97	+ 6.81	+ 6.84	+ 5.33	- 1.71	+ 0.69	+ 1.02	+ 0.75
72	+ 3.93	+ 4.31	- 1.89	- 8.67	-12.45	- 6.42	- 1.96	- 0.42
82	+ 3.41	+ 2.74	- 4.09	- 9.80	-10.55	- 8.97	- 4.87	- 1.61
92	+ 2.52	+ 2.17	- 0.72	- 3.30	- 4.01	- 7.85	- 5.92	- 2.16
102	+ 1.35	+ 1.44	+ 3.18	+ 4.43	+ 2.68	- 4.66	- 4.23	- 1.40
112	- 0.13	- 0.65	+ 2.42	+ 5.49	+ 4.93	- 0.44	- 0.54	+ 0.37
122	- 1.56	- 4.31	- 5.84	- 5.73	- 0.26	+ 3.70	+ 3.28	+ 2.25
132	- 2.69	- 6.54	-11.42	-12.90	- 3.84	+ 5.03	+ 5.13	+ 3.20
142	- 3.41	- 6.90	- 9.38	- 9.46	- 2.69	+ 2.65	+ 3.77	+ 2.43
152	- 3.75	- 5.22	- 3.73	- 1.95	+ 0.32	- 0.74	- 0.49	+ 0.24
162	- 3.68	- 3.59	+ 1.10	+ 4.44	+ 2.25	- 4.12	- 4.06	- 1.67
172	- 3.17	- 3.24	+ 0.31	+ 4.24	+ 0.33	- 5.36	- 4.28	- 2.06

courbe rigoureusement sinusoïdale dont la position est toute différente suivant les plaques ; les zéros ne coïncident ni avec les projections des axes ni avec les côtés des triangles (axes binaires). Pour des champs plus forts, deux autres ondes naissent ensemble ou l'une après l'autre ; il se forme six zéros approximatifs (ou du moins des points de rebroussement) sur les projections des axes et sur les côtés des triangles, comme l'exige le système cubique. Mais pour toutes les valeurs du champ, il subsiste des écarts considérables avec la symétrie du système cubique, beaucoup plus considérables que pour les plaques cubiques, ce qui d'ail-

leurs n'est pas étonnant si l'on songe que la composante normale n'atteint pour les plaques octaédriques

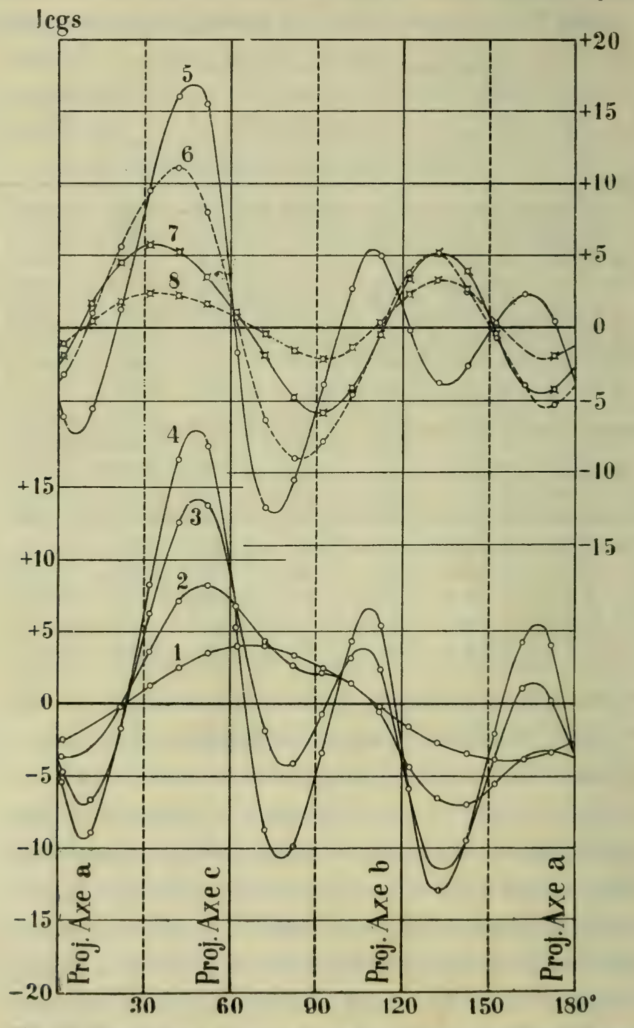


Fig. 14. Composante normale dans une plaque parallèle à la surface de l'octaèdre (plaque VI,5). En bas champs faibles, en haut champs élevés. Courbe 1... H = 31,5 Gauss ; courbe 2... H = 63,0 Gauss ; courbe 3... H = 94,5 Gauss ; courbe 4... H = 126,0 Gauss ; courbe 5... H = 208,6 Gauss ; courbe 6... H = 298,0 Gauss : courbe 7... H = 596 Gauss ; courbe 8... H = 1490 Gauss.

que des valeurs beaucoup plus faibles que pour les plaques cubiques. Nous parlerons plus loin de la manière dont les plaques octaédriques se comportent dans des champs plus forts.

La composante parallèle a, pour toutes les plaques octaédriques, presque la même valeur dans toutes les directions ; ces différences atteignent au plus 3 %. Cependant il est facile de constater qu'elles ont un caractère systématique.

Le tableau IX donne les valeurs obtenues sur la plaque VI, 5 avec la méthode balistique ordinaire.

TABLEAU IX. — Plaque VI,5.

H	31.5	63.0	126.0	298.0
Angle	Composante parallèle de l'aimantation			
1°	120.6	225.6	343.2	434.5
11	120.4	224.4	343.2	435.9
21	118.8	222.6	340.4	438.5
31	118.8	221.8	339.6	439.8
41	119.6	223.0	341.8	438.3
51	120.4	224.6	343.6	436.9
61	122.0	226.6	343.6	434.5
71	123.8	227.9	339.2	433.5
81	126.0	228.9	335.3	434.7
91	127.7	230.5	333.9	435.9
101	129.1	233.9	336.9	435.3
111	130.1	2357	341.8	433.1
121	130.9	236.1	343.6	434.5
131	130.1	234.3	343.8	436.7
141	128.7	231.9	340.8	439.1
151	126.7	229.7	339.2	439.9
161	124.8	227.7	340.4	437.9
171	122.8	226.6	344.0	435.7

Comme la méthode balistique ne me paraissait pas assez sûre pour des différences aussi minimes, je l'ai modifiée en ce sens que je ne mesurai plus la déviation

qui se produisait lors de la chute de la plaque dans l'appareil ; la plaque demeurait dans l'appareil pendant l'expérience ; je la faisait tourner brusquement d'un certain angle, de l'extérieur, au moyen d'un jeu de poulies ; la déviation qui se produit donne la différence de l'aimantation dans les deux positions, et du sens de cette déviation on peut déjà déduire si l'aimantation a augmenté ou diminué. Il fallait pour permettre la lecture des angles, retirer la plaque de l'appareil après chaque rotation. La mesure du courant engendré (naturellement très faible) se faisait au moyen du galvanomètre déjà mentionné genre Thomson, avec lequel il était possible d'obtenir des déviations allant jusqu'à 40 mm. La valeur absolue de la composante parallèle fut empruntée pour $\varphi = 11^\circ$ au tableau IX, et les valeurs absolues furent calculées pour les autres angles au moyen de cette valeur-là. Toutes ces valeurs sont portées au tableau X.

Méthode de torsion.

La fig. 15 donne (à droite) les courbes correspondant à ce tableau ; il n'a pas été tenu compte des valeurs moins précises obtenues par la méthode de chute ; la concordance est cependant aussi satisfaisante que la petitesse des grandeurs en jeu pouvait le permettre. Le côté gauche de la même figure donne la courbe obtenue avec une plaque (VI, 6) taillée parallèlement à la même face d'octaèdre ; on y voit la concordance satisfaisante surtout pour les champs forts, sur laquelle nous aurons à revenir plus loin. Ces courbes permettent de constater non seulement que la plaque

Tableau X. — Plaque VI,5.

H = 126.0 Gauss

Série a

Angle	Déviation en mm.	Somme des déviations	Ip
11°	— 6.6	0	342.3
27	+10.8	— 6.6	339.3
52	—25.0	+ 4.2	344.2
86	+12.1	—20.8	332.8
104	+10.3	— 8.7	338.3
114	+ 4.3	+ 1.6	343.0
130	— 7.0	+ 5.9	345.0
147	+ 1.2	— 1.1	341.8
160	+ 4.0	+ 0.1	342.3
180	— 5.2	+ 4.1	344.2
194		— 1.1	341.8

Série b

Angle	Déviation en mm.	Somme des déviations	Ip
11	— 6.0	0	342.3
25	+ 5.3	— 6.0	339.5
41	+ 5.0	— 0.7	342.0
54	—11.7	+ 4.3	344.3
72	—10.0	— 7.4	338.9
94	+11.9	—17.4	334.3
106	+ 9.1	— 5.5	339.8
118	+ 1.3	+ 3.6	344.0
132	— 6.3	+ 4.9	344.5
145	— 0.2	— 1.4	341.7
160	+ 3.8	— 1.6	341.6
173	— 2.5	+ 2.2	343.3
192		— 0.3	342.1

Série c

Angle	Déviation en mm.	Somme des déviations	Ip
11°	— 4.7	0	342.3
22	— 0.7	— 4.7	340.1
34	+ 5.5	— 5.4	339.8
42	+ 3.5	+ 0.1	342.3
50	— 1.9	+ 3.6	344.0
62	— 8.0	+ 1.7	343.1
74	—13.0	— 6.3	339.4
85	+ 1.9	—19.3	333.4
94	+ 7.7	—17.4	334.3
102	+ 8.7	— 9.7	337.8
111	+ 5.4	— 1.0	341.8
120	+ 0.9	+ 4.4	344.3
130	— 7.0	+ 5.3	344.7
146	— 1.1	— 1.7	341.5
156	+ 3.9	— 2.8	341.0
167	+ 1.0	+ 1.1	342.8
182	— 3.1	+ 2.1	343.3
194		— 1.0	341.8

H = 298.0 Gauss

Série d

Angle	Déviation en mm.	Somme des déviations	Ip
11°	+ 6.9	0	435.9
22	— 1.2	+ 6.9	439.1
41	—11.7	+ 5.7	438.5
74	+ 1.1	— 6.0	433.1
106	+ 6.9	— 4.9	433.7
132	+ 3.8	+ 2.0	436.8
156	— 7.6	+ 5.8	438.6
177	+ 1.8	— 1.8	435.1
191		0	435.9

Série e

Angle	Déviation en mm.	Somme des déviations	Ip
11	+ 7.4	0	435.9
24	+ 0.8	+ 7.4	439.3
35	— 3.4	+ 8.2	439.7
44	— 6.8	+ 4.8	438.1
54	— 4.2	— 2.0	435.0
65	+ 0.7	— 6.2	433.1
72	+ 4.6	— 5.5	433.4
84	— 1.3	— 0.9	435.5
101	— 1.2	— 2.2	434.9
115	+ 8.2	— 3.4	434.3
133	+ 4.5	+ 4.8	438.1
145	— 3.2	+ 9.3	440.2
159	— 5.5	+ 6.1	438.7
168	— 4.4	+ 0.6	436.2
178	+ 3.8	— 3.8	434.2
191		0	435.9

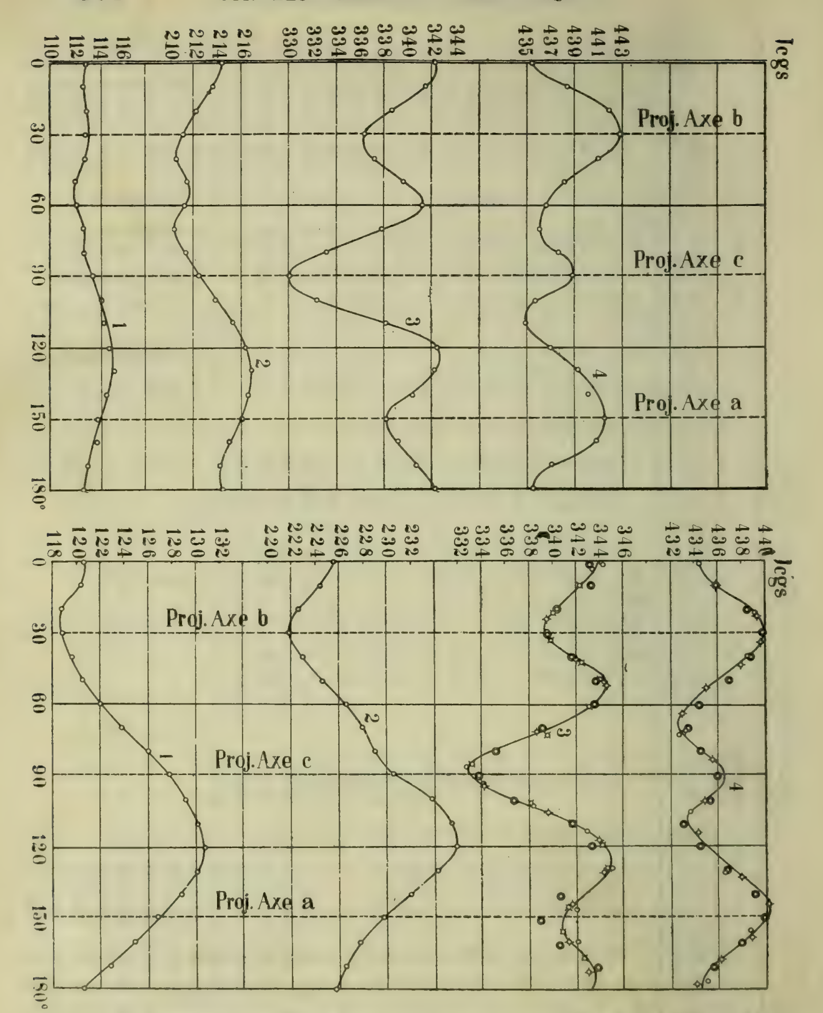


Fig. 15. Composante parallèle dans deux plaques parallèles à la surface de l'octaèdre (à droite plaque V1,5 ; à gauche plaque VI,6). Courbes 1... H = 31,5 Gauss ; courbes 2... H = 63,0 G. ; courbes 3... H = 126,0 G. ; courbes 4... H = 298,0 G.

octaédrique n'est absolument pas isotrope, mais encore qu'elle présente des particularités toutes speciales. Pour des champs très faibles, la composante parallèle, comme la composante normale, est très irrégulière ;

puis, plus loin, comme il fallait s'y attendre, trois ondes se dessinent, qui sont très bien marquées dans la courbe pour H = 126 gauss. Les maxima se trouvent sur les côtés du triangle, les minima sur les projections des axes principaux. Pour H = 298, c'est précisément l'inverse qui a lieu, les maxima se trouvent sur les projections des axes et les minima sur les côtés du triangle. Les courbes d'aimantation pour ces deux directions possèdent un point d'intersection entre ces deux valeurs du champ.

La composante normale présente pour les plaques octaédriques des particularités très curieuses pour des valeurs élevées du champ. On voit dans la partie supérieure de la fig. 14 les courbes de la plaque VI,5 pour des champs élevés. Pour H = 208,6 gauss on rencontre comme pour H = 126 gauss trois ondes bien développées, mais très inégales. Pour des champs plus forts, les deux ondes les plus petites disparaissent; elles sont remplacées par une onde unique dont le maximum positif prend précisément la place du maximum négatif, entre les deux ondes précédentes; l'onde la plus grande demeure inchangée, de sorte que pour un champ élevé il n'y a plus que deux ondes au lieu de trois. Tandis que, dans tous les cas qui nous ont occupés jusqu'à maintenant, la symétrie tendait à se rapprocher de la symétrie cubique à mesure que la valeur du champ devenait plus considérable, c'est précisément le contraire que nous observons ici. On trouve les trois ondes qu'exige la symétrie cubique pour des valeurs moyennes du champ, tandis que pour les valeurs plus élevées, il n'y en a plus que deux.

Les courbes de la figure 16, dues à une plaque octaèdrique (I, 3) taillées dans le cristal I, donnent une vue d'ensemble plus précise sur ces propriétés si particulières. Pour les champs faibles, trois ondes se sont formées successivement ; pour une valeur de H égale à 166,2 gauss, on les voit toutes les trois bien développées et presqu'égales ; pour H = 368,1 gauss il n'y en a plus que deux qui sont fortement réduites et déplacées ; la troisième n'est plus que faiblement mar-

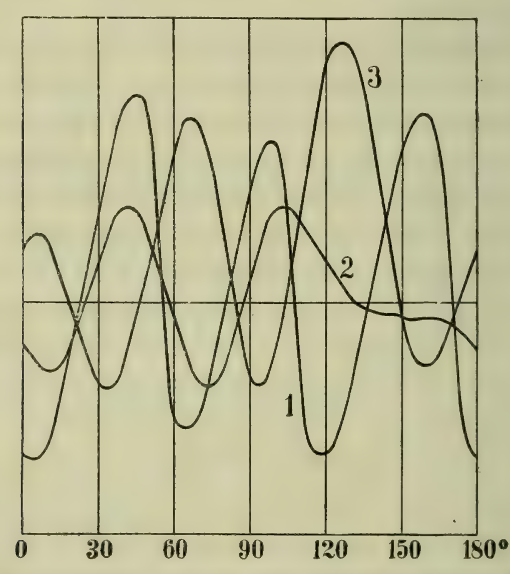


Fig. 16. Composante normale dans une plaque parallèle à la surface de l'octaèdre (plaque I,3) en champs élevés. Courbe 1... H = 167,2 Gauss ; courbe 2... H = 368,1 G. ; courbe 3... H = 757 G.

quée. Lorsque le champ croit encore, on trouve pour H = 757 gauss de nouveau trois ondes bien déterminées, mais elles sont déplacées, par rapport aux premières, d'une demi longueur d'onde (30°). On voit qu'il s'agit là d'un phénomène tout à fait analogue

à celui que nous avons constaté pour la composante parallèle, où nous avons reconnu une inversion des maxima et des minima ; mais, pour la composante normale, le phénomène n'a lieu que pour une valeur du champ beaucoup plus élevée, et est quelquefois incomplet, comme c'est le cas pour la plaque VI, 5, pour laquelle la plus grande onde ne subit pas d'inversion comme les deux plus petites. Nous donnons dans la partie théorique une explication de ces propriétés très remarquables.

La manière dont se comportent les plaques octaèdriques fait comprendre pourquoi M. Weiss dans ses premières expériences avait conclu à leur isotropie ; il avait opéré, en effet, avec un champ de 353 gauss, et c'est précisément pour cette valeur du champ que l'inversion de la composante normale a lieu. La position des maxima et des minima indiquée dans son travail[1] permet de ne pas douter que la courbe observée par lui était toute semblable à la courbe 2 de la fig. 16.

Hystérésis et Viscosité.

Parmi les nombreuses plaques que j'ai étudiées et qui, à part quelques petites divergences ont donné des résultats analogues, je choisis comme types une plaque cubique et une plaque octaédrique.

L'hystérésis pour la plaque cubique est répartie presqu'également sur tout le pourtour (tableau XI et fig. 17) pour des petites valeurs du champ ; pour des champs un peu plus forts; on trouve deux maxima pas

[1] L. c. p. 33.

Tableau XI. — Plaque VI.1.

H =	31.5	63.0	94.5	126.0	H =	208.6	298.0	596	1490	2805
Angle	Travail de l'hystérésis en Erg/cm³				Angle	Travail de l'hystérésis en Erg/cm³				
2°	1364	1976	2695	3631	5°	5330	6980	7900	3900	4800
12	1338	1990	2510	3107	15	4000	3960	3500	4600	3500
22	1331	2012	2372	2601	25	2860	2730	2900	4100	3800
32	1338	2091	2348	2505	35	2840	2780	3300	3200	4600
42	1359	2175	2295	2649	45	2630	3290	3800	4600	4900
52	1354	2166	2468	2764	55	3130	2760	5200	4200	4900
62	1345	2058	2514	2944	65	3360	3480	4500	4400	3900
72	1336	1976	2568	2908	75	4310	4310	5500	6000	4100
82	1326	1939	2582	3360	85	6220	8390	8800	8700	3700
92	1378	1953	2688	3197	95	5550	7980	8400	9100	4600
102	1389	1990	2592	2884	105	4000	4660	4500	5600	3200
112	1408	2028	2528	2818	115	3130	3580	3300	4400	4500
122	1431	2117	2412	2721	125	3030	3440	3900	4400	4800
132	1431	2189	2390	2564	135	4370	3580	5400	6000	5300
142	1417	2159	2428	3065	145	3130	3340	4200	5100	4200
152	1394	2065	2416	3125	155	3170	3610	4500	5000	4700
162	1368	1993	2451	3324	165	3710	3940	5200	5600	4100
172	1359	1948	2545	3582	175	5140	6860	9100	6800	4400
Moyenne	1370	2046	2488	2986		3887	4426	5220	5322	4314

très bien déterminés, mais cependant parfaitement appréciables, qui correspondent aux directions des diagonales. Plus loin, pour une valeur plus grande du champ, une inversion a lieu, et pour une valeur du champ encore plus élevée, on rencontre deux maxima très nettement déterminés dans la direction des deux axes, tandis que les diagonales représentent les valeurs les plus faibles de l'hystérésis. Enfin pour des champs très élevés (côté droit de la fig.), les maxima s'atténuent de plus en plus, et les courbes redeviennent plus plates ; mais pour ces champs élevés, les mesures sont très incertaines, parce que les deux courbes sont très proches l'une de l'autre pour les rotations du champ en sens contraire. La répartition des points

TABLEAU XII. — Plaque VI,5.

H =	31.5	63.0	94.5	126.0	208.6	298.0	596	1490
Angle	Travail de l'hystérésis en Erg pro cm³ et Cycle							
2°	688	1432	1955	2267	1810	1560	1990	2380
12	698	1438	1852	1769	1590	1480	2020	2270
22	723	1463	1668	1628	1640	1560	1900	2400
32	731	1503	1690	1666	1570	1530	1930	2440
42	725	1479	1759	1963	1620	1450	1900	2420
52	700	1436	2217	2469	1790	1520	1870	2250
62	676	1368	2193	2823	2080	1610	1940	2040
72	657	1325	2096	2591	1720	1580	1870	2190
82	652	1312	1890	2244	1590	1450	1810	2160
92	652	1330	1761	2035	1590	1390	1830	2230
102	643	1353	1912	2191	1650	1390	1810	2250
112	651	1374	2202	2621	1720	1450	1900	2210
122	643	1337	2229	2788	1760	1580	1930	2360
132	639	1321	1960	2187	1600	1520	1980	2370
142	649	1299	1710	1947	1640	1580	1870	2570
152	657	1356	1723	1982	1600	1610	1930	2700
162	652	1373	1733	1989	1660	1440	1950	2370
172	666	1412	1778	2123	1660	1480	1910	2240
Moyenne	673	1384	1907	2182	1683	1510	1908	2325

correspondant aux mesures est très irrégulière, de telle sorte que pour H = 2805 gauss, il n'est plus possible de tracer une courbe ; mais on peut certifier, cependant, que les maxima et minima bien marqués disparaissent, et que l'hystérésis a de nouveau sensiblement la même valeur dans toutes les directions (voir dernière colonne du tableau XI).

La manière dont se comportent les plaques octaédriques est un peu plus compliquée (tableau XII et fig. 18). Pour les champs faibles, nous trouvons aussi l'hystérésis à peu prés la même dans toutes les directions et pour H = 63 gauss, nous voyons trois ondes plates, dont les maxima sont situés dans la direction

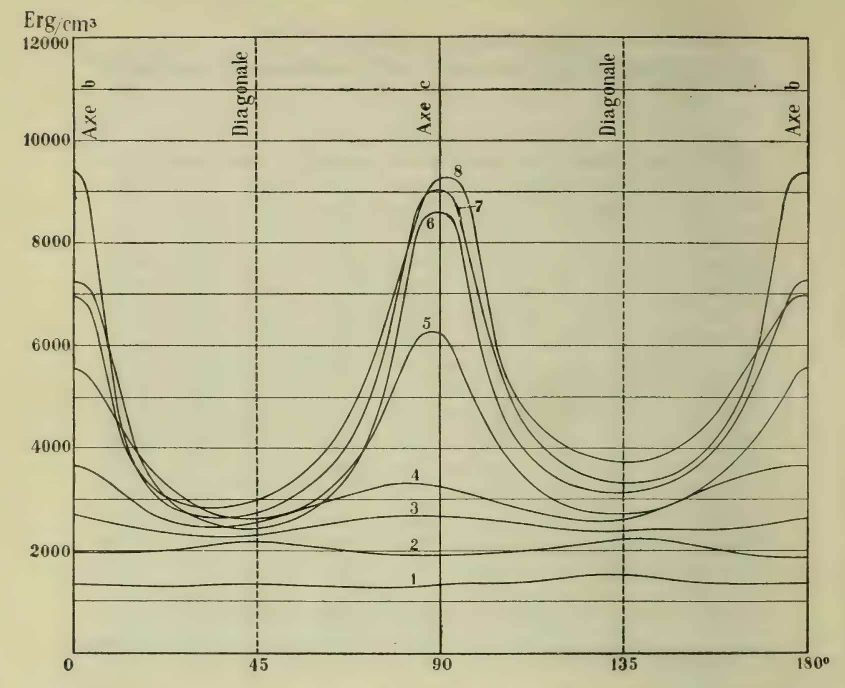


Fig. 17. Hystérèse dans une plaque parallèle à la surface du cube (plaque VI,1). Courbe 1... H = 31,5 Gauss; courbe 2... H = 63,0 G.; courbe 3... H = 94,5 G.; courbe 4... H = 126,0 G.; courbe 5... H = 208,6 G.; courbe 6... H = 298,0 G. conrbe 7... H = 596 G.; courbe 8... H = 1490 G.

des côtés des triangles [1]. Lorsque le champ croit, on rencontre comme pour les plaques cubiques, et pour la même valeur du champ, une inversion, les maxima sont sur les projections des axes principaux sur les faces de l'octaèdre. Mais lorsque le champ croît encore,

[1] Ce phénomène n'est pas facile à constater sur la plaque VI, 5, pour laquelle il est masqué par la très forte aberration de la symétrie de cette plaque avec celle du système cubique. J'ai introduit, en conséquence, dans la figure, deux courbes correspondant à la plaque VI,6 parallèle à la précédente qui sont désignés par 1ª et 2ª, sur lesquelles on peut constater beaucoup mieux les trois ondes.

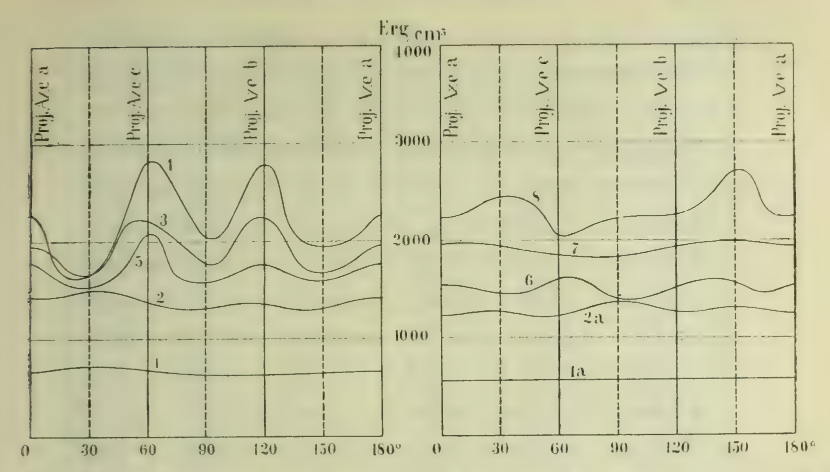


Fig. 18. Hystérèse dans une plaque parallèle à la surface de l'octaèdre (plaques VI,5 ct VI,6 : courbes 1 à 8... plaque VI,5 ; courbes 1a et 2a... plaque VI.6 : courbes 1 et 1a... H = 31,5 Gauss ; courbes 2 et 2a... H = 63,0 G. ; courbe 3... H = 94,5 G. ; courbe 4... H = 126,0 G. ; courbe 5... H = 208,6 G. ; courbe 6... H = 298,0 G. ; courbe 7... H = 596 G. ; courbe 8... H = 1490 G.

les ondes disparaissent, et l'hystérésis est répartie presqu'également sur tout le pourtour pour H = 600 gauss ; plus loin encore, les trois ondes reparaissent, mais la position des maxima et des minima est l'inverse de ce qu'elle était précédemment ; elle est donc la même que pour des champs tout à fait faibles[1]. Cette seconde inversion doit dépendre des inversions qui se produisent chez les plaques octaédriques pour la composante normale et pour la composante parallèle, mais elle n'a lieu que pour des champs encore plus élevés que l'inversion de cette dernière.

L'hystérésis présente, comme les autres grandeurs

[1] La mesure de l'hystérésis pour des champs élevés est beaucoup plus exacte pour les plaques octaédriques que pour les plaques cubiques, parce que les déviations étant beaucoup plus faibles, leur différence en pour cent est beaucoup plus considérable.

magnétiques de grands écarts par rapport à la symétrie cubique, et l'on peut constater que les directions pour lesquelles l'amplitude des ondes des courbes d'aimantation est la plus forte, sont précisement celles où l'on rencontre les maxima et les minima les plus accentués de l'hystérésis. L'on s'en rend très bien compte sur la plaque octaédrique, en comparant par exemple, la courbe de la composante normale pour H = 208, 6 gauss (fig. 14, courbe 5) avec la courbe correspondante de l'hystérésis (fig. 18, courbe 5). A la grande onde sur la projection de l'axe principal *c*, correspond un maximum de l'hystérésis très accentué, et aux deux ondes moins conséquentes, deux maxima moins importants. L'inversion des ondes, qui n'est que partielle pour la composante normale, est totale pour l'hystérésis. Mais on constate là aussi, que là où l'inversion de la composante normale est la plus complète (côté *ab* du triangle près de 150°), le maximum renversé de l'hystérésis est le plus accentué, tandis que les deux autres maxima sont beaucoup moins marqués.

Outre ces mesures, j'en ai fait d'autres encore, comme je l'ai déjà dit, avec un champ tournant rapidement, qui donnent directement le travail total de l'hytérésis pour un tour complet[1]. Le tableau XIII contient les valeurs du travail d'hystérésis, obtenues selon cette méthode, pour les plaques VI,1 (plaque cubique), VI,5 (plaque octaèdrique) et V,3 (plaque taillée dans le cristal V).

[1] L'appareil nécessaire à ces mesures m'a été prêté par M. A. Perrier, auquel j'exprime ici tous mes remerciements.

TABLEAU XIII. — Plaques VI,1; VI,5; V,3.

Plaque VI,1 (cube)		Plaque VI,5 (octaèdre)		Plaque V,3 (cube)	
Champ	Hystérésis	Champ	Hystérésis	Champ	Hystérésis
28.5	1377	11.3	294.9	3655	2829
60.5	2054	28.5	768.5	2454	3091
123.4	2856	60.5	1400	3061	3181
184.3	3202	123.4	2056	3837	2923
247.7	3333	184.3	2040	3655	3074
309.9	3356	247.7	1873	3061	3278
372.2	3389	309.9	1921	4228	3156
434.4	3392	372.2	1988	3655	3319
496.6	3392	496.6	2222	3061	3589
620.7	3422	620.7	2463	2454	3518
744.6	3399	744.6	2546	1844	3756
931.2	3349	931.2	2594	1540	3771
1232	3185	1232	2632	1232	3831
1540	3047	1540	2553	931.2	4084
1844	2994	1844	2476	744.6	4055
2147	2942	2454	2312	620.7	4021
2454	2965	3061	2170	496.6	4004
3061	2948	3655	2085	372.2	3926
3655	3070	3957	2096	247.7	3652
3957	3280	4228	2108	184.3	3198
4228	3386	3061	2229	123.4	2705
2454	3261	1844	2578	60.5	1935
744.6	3849	1232	2717	28.5	1321
		744.6	2625	11.3	546
		496.6	2305	247.7	3513
		247.7	1994	496.6	3778
		123.4	2083	931.2	3763
		60.5	1398	1232	3627
				2454	3120
				3655	3084

Les courbes correspondant à ce tableau sont figurées pour la plaque VI,1 à la fig. 19, pour la plaque VI,5 à la fig. 20, pour la plaque V,3 à la fig 22. Nous ne considérerons pour commencer que les courbes des fig. 19 et 20. Ces courbes ont un caractère très différent de celles que l'on obtient avec la même méthode pour d'autres matières. Tandis que pour le fer, l'acier,

Fig. 19. Hystérèse en fonction du champ pour une plaque parallèle à la surface du cube (plaque VI,1). Courbe 1... rotation rapide, courbe 3... rotation lente du champ ; courbes 2 et 4 premières parties des courbes 1 et 3 en échelle agrandie (numération inférieure).

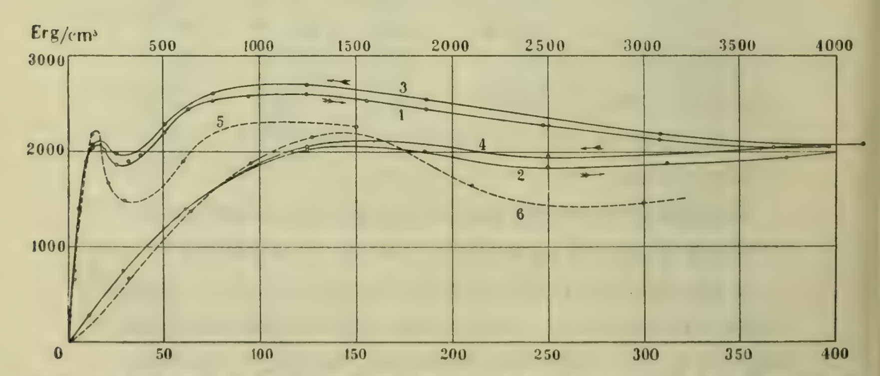


Fig. 20. Hystérèse en fonction du champ dans une plaque parallèle à la surface de l'octaèdre (plaque VI,5). Courbe 1... rotation rapide, champ croissant ; courbe 3... de même champ décroissant ; courbe 5... rotation lente : courbes 2, 4, 6 premières parties des courbes 1, 3, 5 en échelle agrandie (numération inférieure).

le nickel et la pyrrhotine normale l'hystérésis de rotation diminue rapidement, d'après Planer[1], jusqu'à zéro pour des champs élevés, ce n'est pas du tout le cas pour la magnétite et les cristaux anormaux de pyrrhotine. Pour la plaque cubique, le travail de l'hystérésis augmente rapidement, au commencement, avec le champ, pour rester ensuite longtemps presque constante ; elle diminue ensuite lentement et paraît augmenter de nouveau pour des champs de 3000-4000 gauss. Dans aucun cas elle ne tombe jusqu'à zéro. Les courbes des plaques octaédriques sont encore plus remarquables en ce sens qu'elles présentent deux maxima bien marqués de l'hystérésis à 150 et à 1200 gauss. Bien que l'explication de ces phénomènes particuliers n'ait pas encore été trouvée, on est tenté de supposer qu'ils sont en corrélation avec les inversions des composantes parallèle et normale, en ce sens que le maximum unique de l'hytérésis de la plaque cubique correspondrait à sa seule inversion constatée sur cette plaque, et les deux maxima de l'hystérésis de la plaque octaèdrique à ses deux inversions.

Nous avons encore, parallèlement à l'hystérésis, à discuter brièvement les phénomènes de viscosité. Comme nous l'avons dit, ces effets secondaires étaient particulièrement marqués sur le cristal V. Il faut observer d'abord, que jamais la composante parallèle n'a présenté cet effet d'une manière sensible ; en effet, il aurait dû se faire sentir dans l'appareil balistique, en ce sens

[1] V. Planer. Untersuchungen über rotierende und alternative Hysteresis an Eisen, Stahl, Nickel und Electrolyteisen. Diss. Zurich 1908.

que la déviation aurait dû être plus considérable lorsqu'on retirait la substance après un séjour prolongé dans le champ magnétique, que lorsqu'on l'introduisait ; jamais nous n'avons pu constater d'une manière certaine une différence de ce genre.

Pour les composantes normales, la méthode de déflexion permet de reconnaître la viscosité à ce qu'à chaque rotation du champ l'index lumineux ne prend sa nouvelle position d'équilibre qu'après un certain temps. Le tableau suivant en donne un exemple.

Position d'équilibre avant la rotation	2.4
Temps à partir de la rotation :	Déviation :
0 secondes	19.4
15 secondes	21.1
30 secondes	22.3
45 secondes	22.8
1 minute	23.1
1 minute 30 secondes	24.0
2 minutes	24.3
2 minutes 30 secondes	24.7
3 minutes	24.9
3 minutes 30 secondes	25.4
4 minutes	25.6
Nouvelle position d'équilibre	26.7

Le changement total de la déviation est donc de 24,3 divisions de l'échelle (26,7-2,4) ; il n'y a qu'un changement de 17,0 degrés (19,4-2,4) qui se produise d'emblée, ce qui représente 70 °/₀ du tout ; en d'autres termes, après le premier instant, le changement de la torsion varie encore de 43 °/₀ de sa valeur initiale. Le rapprochemement à la nouvelle position d'équilibre se fait donc suivant une courbe d'allure exponentielle, d'abord rapidement, puis toujours de plus

en plus lentement, de telle sorte que parfois la position finale n'est pas encore atteinte après 15 minutes.

La viscosité ne se fait pas sentir dans la même mesure dans toutes les directions : elle est la plus forte là où la courbe correspondante est voisine de la courbe donnée par la rotation en sens opposé ; ces régions sont marquées par des points sur la fig. 21 ; ailleurs la viscosité est nulle ou à peu près nulle.

Pour étudier l'influence de la viscosité sur la forme des courbes, nous avons déterminé deux fois quelques unes des courbes de la plaque V,1 (parallèle à la face du cube). La première fois nous faisions tourner, le champ de 10° chaque fois à des intervalles de 10 secondes, et nous notions la déviation immédiatement après la rotation. La seconde nous attendions chaque fois, pour faire la lecture, que la position d'équilibre fût atteinte. La fig. 21 (en bas) donne les courbes obtenues pour H = 630 gauss. Comme on le voit, la différence principale consiste en ce que pour une rotation rapide les ondes ne sont pas complètement développées ; l'anisotropie semble donc *diminuée*.

L'influence de l'effet de retard sur l'hystérésis est également intéressante. La partie supérieure de la fig. 21 donne les courbes de l'hystérésis de rotation pour une rotation lente et une rotation rapide d'un même champ de 63 gauss. Là aussi, la courbe correspondant à la rotation rapide est plus plate que celle de la rotation lente, et le travail total d'hystérésis est plus grand pour une rotation rapide que pour une rotation lente. Pour H = 94,5 gauss c'est également le cas ; il n'a pas été possible de continuer les mesures pour des champs plus élevés, car elles sont alors trop incertaines.

Il nous a été possible cependant de démontrer que l'influence du temps se fait également sentir sur l'hystérésis pour des valeurs élevées du champ, en déterminant le travail de l'hytérésis pour une même plaque une fois à partir des courbes de la composante normale, l'autre fois au moyen de l'aimant tournant.

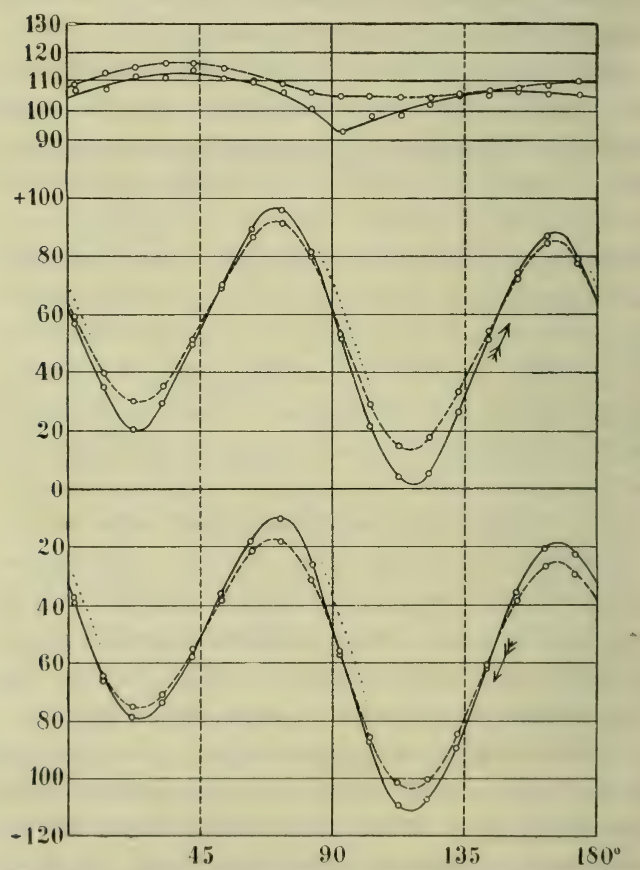


Fig. 21. Influence de la viscosité aux courbes de la composante normale et de l'hystérèse (plaque V,3). ———— rotation lente, — — — — rotation rapide du champ.

Dans le premier cas, la durée d'une période était d'une demi-heure à une heure, dans le second, il y avait jusqu'à dix périodes par seconde. Les fig. 19 et 20 donnent en trait plein les courbes correspondant à la rotation rapide et en pointillé celles qui correspondent à la rotation lente. Pour la plaque cubique, l'hystérésis est au commencement, un peu plus faible pour la rotation lente que pour la rotation rapide (fig. 21). Puis le travail augmente très rapidement pour la rotation lente, et atteint presque le double de l'autre courbe, pour s'en rapprocher de nouveau dans les champs élevés. C'est dans la région où les courbes d'hystérésis en fonction de la direction (fig. 18) présentent les saillies les plus aiguës que les deux courbes diffèrent le plus l'une de l'autre. Il faut en conclure, que les différences proviennent, en partie du moins, du fait que les saillies n'ont pas le temps de se former lorsque la rotation est rapide, en sorte qu'il se forme une courbe plus plate et en général moins élevée. Pour la plaque octaédrique, la courbe correspondant à la rotation lente présente les deux mêmes maxima que celle qui correspond à la rotation rapide tandis que pour des champs élevés elle est située au dessous de celle-ci (contrairement à ce qui se passe pour la plaque cubique). Les différences entre les deux courbes sont beaucoup plus petites ; le caractère en est cependant le même : la courbe correspondant à la rotation rapide semble dériver de l'autre par l'atténuation des maxima et des minima.

Les grandes différences constatées entre les différentes courbes dues à des plaques du cristal VI, montrent que pour ce cristal, les effets de viscosité sont très

faibles lorsqu'il s'agit de temps mesurables, mais qu'ils sont beaucoup plus importants lorsque l'on considère des temps courts. D'autres substances, comme on sait, ont des propriétés analogues.

Enfin la fig. 22 donne encore une courbe correspondant à la rotation rapide (les mesures lorsque la rotation est lente étant impossibles pour des champs élevés) pour une plaque taillée dans le cristal V, affecté de forte viscoscité, parallèlement à une face du cube. On y constate facilement que le phénomène n'est pas représenté par une courbe déterminée. En renforçant et en diminuant le champ à plusieurs reprises, on peut faire monter la courbe ; mais lorsqu'après avoir désaimanté lentement et à fond on fait agir à nouveau

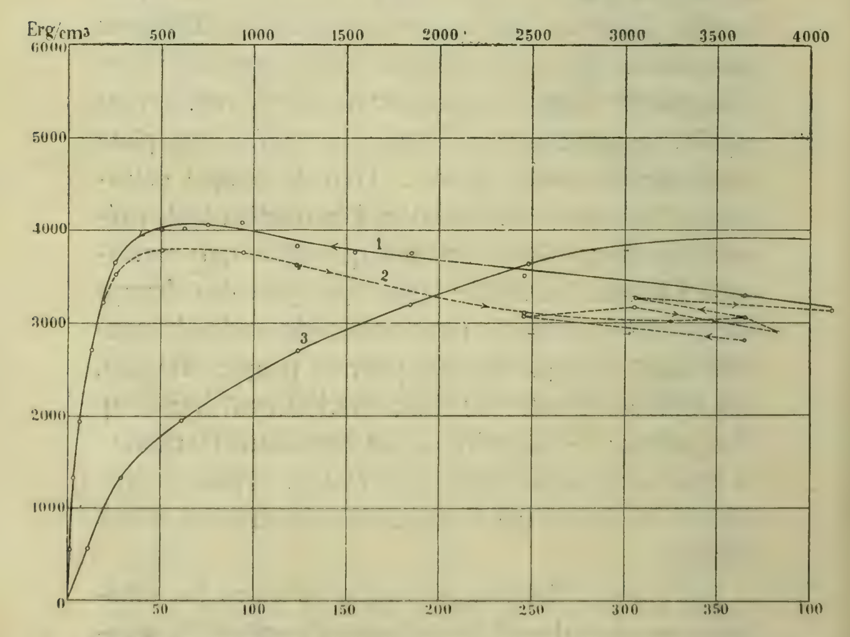


Fig. 22, Hystérèse en fonction du champ et viscosité (plaque V,3 ; cube). Courbe 1... champ décroissant, courbe 2... champ croissant ; courbe 3... première partie de la courbe 1 en échelle agrandie (numération inférieure).

un champ élevé, le travail de l'hystérésis est beaucoup plus faible qu'avant. On peut en quelque sorte parler d'une hystérésis de l'hystérésis. Les plaques du cristal VI ne sont pas tout à fait dépourvues de ces complications; la fig. 20 donne une courbe de la plaque octaèdrique VI,5 construite pour des valeurs ascendantes du champ et une courbe construite pour des valeurs descendantes. Elles présentent entre elles une différence régulière, qui n'est cependant pas très forte, et que nous avons pu augmenter en faisant subir au champ de nombreuses variations.

Ces expériences dont le nombre est beaucoup trop restreint pour permettre une représentation complète des propriétés qui nous occupent, font voir combien elles sont compliquées. Les cristaux qui présentent de la viscosité magnétique rappellent par leurs propriétés la pyrrhotine anormale, qui possède aussi la propriété de l'hystérésis variable. Mais l'on reconnaît en même temps qu'il n'y a pas de limite bien définie entre ces groupes de cristaux, comme d'ailleurs il a été reconnu qu'il n'existe pas de cristal de pyrrhotine absolument normal. Nous devons considérer le cristal normal, dépourvu de viscosité, comme un cas limite idéal, qu'on ne trouve jamais réalisé d'une façon absolue dans la nature, mais dont l'étude (sur des exemplaires qui s'en rapprochent le plus possible), nous donne les indications dont nous avons besoin pour comprendre les propriétés si compliquées que nous observons chez les cristaux naturels.

LA COMÈTE 1908 C

PAR

J. PIDOUX

Astronome à l'Observatoire de Genève.

(Avec la planche I)

Il existe à Kiel un bureau télégraphique central chargé de recueillir les découvertes astronomiques pour les distribuer ensuite aux intéressés. Le matin du 3 septembre 1908, il était avisé qu'une nouvelle comète avait été trouvée à l'observatoire de Yerkes, Williams-Bay, Wisconsin. Elle se trouvait sur un cliché photographique pris dans la soirée du 1er septembre par M. *Morehouse*, étudiant-astronome. Comme c'était la troisième de l'année, elle fut désignée par 1908 c.

Dans la soirée du 3, la comète fut observée à Copenhague par M. Thiele et aussi à Marseille par M. *Borelly*. Ce dernier observateur la trouva indépendamment, sans information préalable. Les observations devinrent ensuite nombreuses, grâce aux bonnes conditions de visibilité. Les premiers calculs de l'orbite, faits avec des observations trop rapprochées pour obtenir un résultat précis, donnèrent cependant une idée bien suffisante de sa marche, montrant que l'astre errant se présentait à nous dans de très bonnes conditions d'observation. Il venait du fond de l'espace, allait se rapprocher à la fois de la terre et du soleil, devenir

par suite de plus en plus brillant, passer le plus près de nous vers le milieu d'octobre pour atteindre ensuite son périhélie à la fin de l'année.

Lors de sa découverte, l'éclat de la comète était estimé à la 9me grandeur, et il était à prévoir qu'elle deviendrait plus brillante que la 6me grandeur et par suite visible à l'œil nu. En effet, depuis le milieu d'octobre, on a pu l'apercevoir sans lunette, mais seulement dans des conditions très favorables, et pas d'une manière continue. Du reste, elle s'est montrée surtout une comète photographique ; l'œil, armé d'instruments puissants, ne voyait que peu de chose, alors que l'intégration sur la plaque photographique indiquait un éclat et une étendue considérables.

Cette comète a montré, et montre encore, des variations de forme et d'éclat dans ses différentes parties à un degré tel, qu'elle constitue un objet des plus intéressants. A l'époque de sa découverte, c'était une nébulosité de 15 à 20 secondes d'arc de diamètre avec un rudiment de queue ; mais ces conditions se sont bien vite modifiées ; le 20 septembre, M. Thiele à Copenhague[1] annonce que la comète est visible à l'œil nu, que la queue s'étend sur une longueur de 1.5 degré, présentant à 12 minutes du noyau une inflexion formant un angle de 13 degrés avec la direction initiale. Cette observation est importante parce qu'elle précède un phénomène semblable, mais plus accusé qui fait précisément l'objet principal de ces notes.

La différence très forte entre les aspects visuel et photographique a du reste donné lieu au fait suivant :

[1] *Astr. Nachr.* 4274.

Le 5 octobre, M. Bigourdan annonçait à la séance de l'Académie des sciences de Paris que la queue de la comète avait presque disparu pendant l'intervalle du 30 septembre et du 1er octobre, et cela d'après des observations visuelles. Mais la photographie vint expliquer le mystère ; sur des clichés pris à Juvisy [1], pendant cet intervalle, on retrouve l'appendice caudal, mais plus éloigné, laissant entre le noyau et lui, un espace sombre, comme s'il y avait eu arrêt d'émanation de la matière lumineuse.

J'ai obtenu le 3 octobre, un cliché qui montre une nouvelle queue en formation, mais elle est formée de quatre à cinq jets rectilignes disposés en éventail, formant une miniature pour ainsi dire, de la belle comète de 1744 observée par Loys de Cheseaux.

La planche qui accompagne ces pages montre mieux que toute description les changements rapides et profonds survenus entre le 14 et le 16 octobre 1908. Elle renferme 4 photographies, parmi les plus caractéristiques. Je les ai obtenues au foyer d'un objectif de 20 cm. de diamètre, 1,30 m. de distance focale, construit par M. Schær et fixé sur le tube de la lunette équatoriale. Cette dernière servait de pointeur pour suivre et maintenir le noyau de la comète sur la même croisée de fils.

Le cliché du 18, montre le début ou la fin d'une nouvelle incurvation ; le mauvais temps a arrêté ensuite les observations.

Ces changements dans l'aspect physique de la comète autour du 15 octobre, ont du reste été confirmés et

[1] *Bull. de la soc. astr. de France*, Nov. 1908

annonçés par les observatoires de Harvard-College et de Yerkes,[1] aux Etats-Unis.

Et pour bien montrer la différence entre l'œil et la plaque photographique, citons cette observation de M. W. Winkler à Jena[2] avec un objectif de 6 pouces et un grossissement de 29 :

« Octobre 14, longueur de la queue 2,5 degrés.

Octobre 15, queue à peine visible ».

On retrouve ainsi dans cette comète, et à un degré encore plus marqué, les changements observés dans l'aspect de la comète 1907 d (Daniell). L'analogie se poursuit même plus loin : ces deux astres présentent l'un et l'autre un spectre indiquant la présence prépondérante du cyanogène, au lieu de celle des hydrocarbures.

Les plaques violettes, extra-sensibles de Lumière que j'ai employées, commencent à se voiler après une heure de pose ; mais cette durée suffit pour fournir des détails qu'aucun instrument visuel ne pourrait donner.

La photographie permet ainsi de fixer et de rendre visibles tous les divers aspects d'une comète : ses aigrettes lumineuses, dirigées vers le soleil puis revenant en arrière pour former la queue, et celle-ci se prolongeant en jets tantôt ondulés, tantôt aciculaires, s'arrêtant pour reprendre ensuite une nouvelle intensité. Les déviations considérables de la queue viennent encore compliquer le problème, car l'attraction newtonienne, la résistance de l'éther et la pression de la lumière ne suffisent pas à les expliquer.

Observatoire de Genève. Novembre 1908.

[1] *Astr. Nachr.*, 4264.
[2] *Astr. Nachr.*, 4280.

RÉSUMÉ MÉTÉOROLOGIQUE

DE L'ANNÉE 1907

POUR

GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD

PAR

R. GAUTIER

Professeur et directeur de l'Observatoire de Genève.

I. Introduction.

Il n'y a pas, en 1907, de changements à signaler dans la publication des tableaux météorologiques mensuels. Il en est de même pour le résumé annuel, qui ne diffère que très peu du précédent ; je reviendrai tout à l'heure sur la seule modification introduite. Tous ses tableaux contiennent *treize* mois, de décembre 1906 à décembre 1907, afin que les moyennes annuelles correspondent à la fois à *l'année météorologique* et à *l'année civile.* Seul le tableau V fournissant les températures de cinq en cinq jours à Genève n'a été, comme précédemment, établi que pour l'année civile.

L'ordre des matières traitées dans ce résumé reste le même que dans les résumés antérieurs. Après quelques indications de portée générale, les différents élé-

ments météorologiques seront passés en revue dans l'ordre accoutumé : *température*, *pression atmosphérique*, *humidité de l'air*, *vents*, *pluie* et *neige*, *nébulosité* et *durée d'insolation* à Genève.

A *l'observatoire de Genève*, les observations météorologiques directes se font toujours de trois en trois heures, à partir de 7 h. du matin jusqu'à 10 h. du soir. Les instruments enregistreurs fournissent en outre les valeurs de la plupart des éléments météorologiques à 1 h. et à 4 h. du matin. Les moyennes diurnes de ces éléments reposent donc sur *huit* observations trihoraires. L'observation supplémentaire de 9 h. du soir a été utilisée, avec celles de 7 h. du matin et de 1 h. du soir, pour obtenir des moyennes spéciales de la température qui soient directement comparables à celles du *Grand Saint-Bernard*, où les observations ne se font plus qu'à ces trois heures-là depuis 1902, comme dans toutes les autres stations de la Suisse.

Une nouvelle simplification a été ajoutée à celles de l'année dernière : la suppression du calcul de la résultante des vents pour Genève et le St-Bernard. Il existe maintenant une période de 80 ans pour ce calcul que l'on pouvait d'ailleurs considérer comme superflu.

Les *valeurs normales* des différents éléments météorologiques sont empruntées, pour *Genève*, aux « Nouvelles études sur le climat de Genève », d'Émile Plantamour, où étaient utilisées toutes les observations faites jusqu'en 1875. Pour le *Grand Saint-Bernard*, les valeurs normales sont fournies par les moyennes des 27 années, 1841-1867, calculées par Plantamour.

Les tableaux mensuels des observations météorolo-

giques faites à l'observatoire de Genève et au Grand Saint-Bernard et publiés dans les *Archives* sont, comme les années précédentes, établis chaque mois à l'observatoire par les soins de M. Émile Schær, astronome-adjoint ; les tableaux de ce résumé-ci ont été préparés par M. H. Duaime ; j'exprime à tous deux ma reconnaissance pour leur collaboration.

Les observations ont toutes été faites à l'HEURE LOCALE seule indiquée. Pour la transformer en temps moyen de l'Europe centrale, il faut ajouter 35 minutes aux instants des observations de Genève et 30 minutes à celles du Grand Saint-Bernard.

II. Température.

Les résultats généraux des observations thermométriques sont consignés dans dix tableaux de chiffres à propos desquels j'ai quelques remarques à faire.

1° *Moyennes générales de la température. — Écarts.*

Le *tableau I* fournit, pour *Genève*, toutes les valeurs moyennes des températures, de trois en trois heures à partir de 1 h. du matin, puis la *température moyenne des mois*, *des saisons et de l'année* (météorologique et civile), moyennes des huit moyennes trihoraires, enfin les *minima* et les *maxima* moyens. Les températures des heures de nuit, 1 h. et 4 h. du matin, ont été relevées, comme précédemment, sur les diagrammes du thermographe Richard, grand modèle, qui a fonctionné sans accroc toute l'année.

Le *tableau II* pour *Genève* et le *tableau III* pour le *Grand Saint-Bernard* donnent les valeurs moyennes des températures des différentes périodes pour les trois

I. Température. GENÈVE, 1907.

Période	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Température moyenne	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
Déc. 1906.	− 2.06	− 2.62	− 2.72	− 1.24	+ 0.63	+ 0.26	− 0.82	− 1.47	− 1.25	− 4.68	+ 2.99
Janv. 1907	− 0.69	− 1.25	− 1.37	+ 0.11	1.73	1.45	+ 0.53	− 0.30	+ 0.04	− 2.89	3.13
Février . .	− 1.97	− 2.33	− 2.60	− 0.86	0.78	0.89	− 0.19	− 1.47	− 0.98	− 3.60	2.30
Mars . . .	+ 2.34	+ 1.43	+ 1.15	+ 4.65	6.52	7.10	+ 5.58	+ 3.45	+ 4.03	− 0.22	8.89
Avril . . .	5.98	4.64	5.15	8.71	10.95	11.10	8.93	7.15	7.82	+ 3.64	14.76
Mai	10.72	9.55	11.17	14.21	16.66	16.50	14.43	12.03	13.16	8.61	19.13
Juin. . . .	13.72	12.64	14.41	17.55	19.76	20.10	17.57	15.22	16.41	11.83	23.01
Juillet. . .	14.52	12.89	15.23	18.36	20.78	21.27	19.28	16.39	17.34	11.86	23.24
Août . . .	15.46	14.12	15.86	20.32	23.40	24.17	21.63	17.73	19.09	13.00	26.16
Septembre	12.82	11.78	12.62	16.39	18.43	19.18	16.65	14.19	15.26	10.99	21.04
Octobre. .	8.86	8.11	8.20	11.61	13.25	13.50	11.11	9.57	10.52	6.99	15.23
Novembre	5.26	4.86	4.57	6.74	8.53	8.10	6.90	5.94	6.36	3.63	9.80
Décembre.	3.28	2.82	2.36	3.72	6.22	5.24	4.24	3.52	3.93	1.33	7.75
Hiver . . .	− 1.56	− 2.06	− 2.22	− 0.66	1.06	0.87	− 0.16	− 1.07	− 0.72	− 3.73	2.82
Printemps	+ 6.35	+ 5.21	+ 5.83	+ 9.19	11.38	11.57	+ 9.65	+ 7.55	+ 8.34	+ 3.98	14.25
Été	14.58	13.22	15.17	18.76	21.33	21.86	19.62	16.46	17.63	12.24	24.15
Automne .	8.98	8.25	8.46	11.58	13.40	13.59	11.55	9.90	10.71	7.20	15.36
Année mét.	7.13	6.20	6.86	9.77	11.85	12.03	10.22	8.26	9.04	4.96	14.20
» civile	7.58	6.66	7.29	10.19	12.32	12.45	10.65	8.68	9.48	5.48	14.61

II. Température. GENÈVE, 1907.

PÉRIODE	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Températ. moyenne $\frac{7+1+9}{3}$	$\frac{7+1+2\times9}{4}$
	°	°	°	°	°
Décembre 1906..	- 2.72	+ 0.63	- 1.36	- 1.15	- 1.20
Janvier 1907 ...	- 1.37	1.73	+ 0.24	+ 0.20	+ 0.21
Février	- 2.60	0.78	- 1.20	- 1.01	- 1.06
Mars	+ 1.15	6.52	+ 4.16	+ 3.94	+ 4.00
Avril	5.15	10.95	7.70	7.93	7.87
Mai	11.17	16.66	12.95	13.59	13.43
Juin...........	14.41	19.76	15.94	16.70	16.51
Juillet	15.23	20.78	17.15	17.72	17.58
Août...........	15.86	23.40	18.81	19.36	19.22
Septembre	12.62	18.43	15.14	15.40	15.33
Octobre........	8.20	13.25	10.21	10.55	10.47
Novembre	4.57	8.53	6.15	6.42	6.35
Décembre......	2.36	6.22	3.68	4.09	3.99
Hiver..........	- 2.22	1.06	- 0.76	- 0.64	- 0.67
Printemps......	+ 5.83	11.38	+ 8.28	+ 8.50	+ 8.44
Eté............	15.17	21.33	17.31	17.94	17.78
Automne.......	8.46	13.40	10.50	10.79	10.72
Année météorol.	6.86	11.85	8.88	9.20	9.12
» civile...	7.29	12.32	9.31	9.64	9.56

observations de 7 h. du matin, 1 h. et 9 h. du soir, puis les températures moyennes des mêmes périodes calculées sur les deux formules employées par le bureau central météorologique suisse : *a*) en prenant la moyenne arithmétique des trois températures moyennes diurnes ; *b*) en attribuant un poids double à l'observation de 9 h. du soir. Ce sont, du reste, ces dernières moyennes qui ont servi pour la comparaison des deux stations. Le travail de comparaison fait en 1901 pour les deux stations du Grand Saint-Bernard a montré en effet que la deuxième formule donne des chiffres qui se rapprochent sensiblement plus des moyennes résultant d'un plus grand nombre d'observations diurnes. Le tableau III

III. Température. GRAND SAINT-BERNARD, 1907.

PÉRIODE	7. h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Températ. moyenne $\frac{7+1+9}{3}$	Températ. moyenne $\frac{7+1+2\times9}{4}$	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°
Déc. 1906.	-12.59	-10.68	-12.81	-12.03	-12.22	-15.6	- 9.3
Janv. 1907	- 9.15	- 7.46	- 8.81	- 8.47	- 8.56	-12.1	- 6.1
Février . .	-12.32	- 9.31	-11.06	-10.90	-10.94	-14.5	- 8.5
Mars . . .	- 8.97	- 5.60	- 8.51	- 7.69	- 7.90	-11.4	- 4.3
Avril . . .	- 7.41	- 2.47	- 6.54	- 5.47	- 5.74	- 9.0	- 1.6
Mai	- 0.25	+ 2.82	- 0.04	+ 0.84	+ 0.62	- 2.2	+ 4.1
Juin. . . .	+ 3.31	7.12	+ 3.52	4.65	4.37	+ 1.7	8.3
Juillet. . .	3.83	7.76	4.58	5.39	5.19	1.8	8.8
Août . . .	6.46	11.38	7.58	8.47	8.25	5.1	12.6
Septembre	+ 3.94	7.33	+ 4.67	+ 5.30	+ 5.14	+ 3.0	8.3
Octobre. .	- 1.11	+ 0.33	- 0.69	- 0.49	- 0.54	- 1.9	+ 0.9
Novembre.	- 4.76	- 2.62	- 4.26	- 3.88	- 3.97	- 6.3	- 1.9
Décembre.	- 6.97	- 5.78	- 6.95	- 6.57	- 6.66	- 9.1	- 4.9
Hiver . . .	-11.32	- 9.15	-10.89	-10.45	-10.56	-14.1	- 7.9
Printemps	- 5.52	- 1.74	- 5.01	- 4.09	- 4.32	- 7.5	- 0.6
Été	+ 4.55	+ 8.77	+ 5.24	+ 6.18	+ 5.94	+ 2.9	+ 9.9
Automne .	- 0.65	+ 1.67	- 0.10	+ 0.30	+ 0.20	- 1.8	+ 2.4
Ann. mét.	- 3.20	- 0.07	- 2.65	- 1.97	- 2.14	- 5.1	+ 1.0
» civile	- 2.72	+ 0.34	- 2.15	- 1.51	- 1.67	- 4.5	+ 1.4

contient en outre les *minima* et les *maxima* moyens pour la station du Grand Saint-Bernard.

Le *tableau IV* donne les *écarts* entre les températures moyennes des différentes périodes et les valeurs normales. Pour *Genève* il y a deux séries d'écarts, correspondant l'une aux températures du tableau I et l'autre à celles du tableau II calculées par la deuxième formule. La dernière colonne du tableau IV donne la différence entre les écarts de Genève et du Grand Saint-Bernard, écarts correspondant aux températures calculées d'après cette même formule.

L'année 1906 avait été une année chaude pour

IV. Écarts avec les températures normales, 1907.

PÉRIODE	Genève Moyenne des 8 obs.	Genève $\frac{7+1+2\times 9}{4}$	Grand St-Bernard $\frac{7+1+2\times 9}{4}$	Différence entre les deux stations
	°	°	°	°
Décembre 1906..	− 2.05	− 2.00	− 4.63	+ 2.63
Janvier 1907....	+ 0.12	+ 0.29	+ 0.48	− 0.19
Février.........	− 2.58	− 2.66	− 2.33	− 0.33
Mars...........	− 0.57	− 0.60	− 0.58	− 0.02
Avril	− 1.15	− 1.10	− 2.47	+ 1.37
Mai............	− 0.04	+ 0.23	+ 0.11	+ 0.12
Juin	− 0.40	− 0.30	+ 0.28	− 0.58
Juillet..........	− 1.47	− 1.23	− 0.97	− 0.26
Août...........	+ 1.18	+ 1.31	+ 2.27	− 0.96
Septembre......	+ 0.60	+ 0.67	+ 1.83	− 1.16
Octobre.........	+ 0.64	+ 0.59	− 0.06	+ 0.65
Novembre	+ 1.81	+ 1.80	+ 1.33	+ 0.47
Décembre.......	+ 3.13	+ 3.19	+ 0.93	+ 2.26
Hiver	− 1.47	− 1.42	− 2.16	+ 0.74
Printemps......	− 0.58	− 0.48	− 0.96	+ 0.48
Eté	− 0.22	− 0.07	+ 0.52	− 0.59
Automne	+ 1.01	+ 1.02	+ 1.02	0.00
Année météorol.	− 0.30	− 0.22	− 0.38	+ 0.16
» civile....	+ 0.14	+ 0.22	+ 0.09	+ 0.13

Genève, et pour le Grand Saint-Bernard ; l'année 1907, au contraire, a été une année froide, du moins l'*année météorologique*. Quant à *l'année civile*, grâce au fait que décembre 1907 a été beaucoup plus chaud que décembre 1906, elle est un peu plus chaude que la moyenne.

En 1907 les saisons vont en se réchauffant, relativement, de la première à la dernière. L'hiver est beaucoup trop froid, le printemps l'est aussi, l'été est encore un peu trop frais à Genève, et trop chaud au Saint-Bernard, et l'automne est trop chaud, relativement. A *Genève*, les mois de janvier et de mai sont presque normaux ; si on les excepte, tous les autres mois, de décembre à juillet, sont trop froids. Les suivants de août à décembre, sont trop chauds, le dernier surtout. Au Saint-Bernard les alternatives sont un peu plus variées.

Le mois le plus froid a été décembre 1906 aux deux stations ; le plus chaud a été août . Voici d'ailleurs les températures et les chiffres de l'*amplitude annuelle* qui est plus forte qu'en 1906 :

	Genève	Grand Saint-Bernar
Décembre 1906	— 1°.25	— 12°.22
Août 1907	+ 19°.09	+ 8°.25
Amplitude	20°.34	20°.47

2° *Température de cinq en cinq jours à Genève.*

Le *tableau V* fournit les températures moyennes par *pentades* et, comme précédemment, pour *l'année civile* seule, du 1er janvier au 31 décembre 1907. A côté des températures, figure l'*écart* avec les températures calculées d'après la formule déduite par Plantamour de l'étude des cinquante années de 1826 à 1875. Lorsque l'écart observé dépasse la limite de l'écart probable calculé, et constitue ainsi une *anomalie*, le chiffre de l'écart est mis entre parenthèses dans le tableau.

Sur les 73 pentades, 41 présentent un écart positif et 32 un écart négatif. Le nombre des écarts qui dépassent la limite de l'écart probable est seulement de 18 pour les positifs, et de 12 pour les négatifs. Les premiers sont surtout marqués en janvier, puis en novembre et décembre ; les derniers surtout en février, avril et juillet, ce qui correspond aux écarts des mois.

Il y a de nouveau cette année, comme en 1905, une longue période de chaleur relative. Elle est de quinze pentades, du 18 octobre au 31 décembre. La plus longue période de froid relatif est seulement de six pentades, du 6 avril au 5 mai.

La pentade la plus chaude est la 44me, celle du 4

V. Température de 5 en 5 jours. Genève, 1907.

Date	Température moy.	Différence avec la normale	Date	Température moy.	Différence avec la normale
	°	°		°	°
1- 5 Janvier	+ 3.46	(+3.72)	30- 4 Juillet	+14.32	(-3.96)
6-10 id.	2.52	(+2.84)	5- 9 id.	16.18	(-2.36)
11-15 id.	0.33	+0.63	10-14 id.	15.33	(-3.40)
16-20 id.	+ 0.02	+0.22	15-19 id.	18.22	(-0.63
21-25 id.	- 5.41	(-5.38)	20-24 id.	19.12	+0.22
26-30 id.	- 0.59	-0.89	25-29 id.	20.21	+1.34
31- 4 Février	- 3.98	(-4.49)	30- 3 Août	18.05	-0.72
5- 9 id.	- 4.62	(-5.49)	4- 8 id	21.63	(+3.04)
10-14 id.	- 1.83	(-3.11)	9-13 id.	20.88	(+2.53)
15-19 id.	+ 3.40	+1.66	14-18 id.	18.16	+0.13
20-24 id.	0.89	-1.34	19-23 id.	17.26	-0.39
25- 1 Mars	1.23	-1.53	24-28 id.	18.19	+0.98
2- 6 Mars	1.88	-1.44	29- 2 Septemb.	18.55	(+1.85)
7-11 id.	4.09	+0.19	3- 7 id.	15.82	-0.31
12-16 id.	1.28	(-3.22)	8-12 id.	18.07	(+2.55)
17-21 id.	6.70	+1.57	13-17 id.	14.71	-0.14
22-26 id.	3.92	(-1.85)	18-22 id.	13.29	-0.84
27-31 id.	6.44	+0.01	23-27 id.	14.39	+1.02
1- 5 Avril	9.12	(+2.02)	28- 2 Octobre	13.96	+1.39
6-10 id.	6.55	-1.24	3- 7 id.	11.06	-0.68
11-15 id.	6.89	-1.60	8-12 id.	12.48	(+1.60)
16-20 id.	6.24	(-2.95)	13-17 id.	9.95	-0.05
21-25 id.	9.77	-0.14	18-22 id.	9.85	+0.74
26-30 id.	8.38	(-2.25)	23-27 id.	9.49	+1.28
1- 5 Mai	10.81	-0.54	28- 1 Novemb.	8.27	+0.95
6-10 id.	13.49	+1.42	2- 6 id.	8.41	(+1.97)
11-15 id.	14.63	(+1.85)	7-11 id.	8.02	(+2.45)
16-20 id.	8.99	(-4.50)	12-16 id.	6.64	(+1.90)
21-25 id.	13.82	-0.35	17-21 id.	5.65	+1.70
26-30 id.	16.64	(+1.81)	22-26 id.	4.09	+0.89
31- 4 Juin	13.74	-1.72	27- 1 Décemb.	4.94	(+2.43)
5- 9 id.	15.15	-0.91	2- 6 id.	5.67	(+3.79)
10-14 id.	16.62	+0.01	7-11 id.	7.94	(+6.62)
15-19 id.	17.65	+0.54	12-16 id.	4.70	(+3.86)
20-24 id.	17.07	-0.50	17-21 id.	0.57	+0.13
25-29 id.	18.14	+0.18	22-26 id.	2.82	(+2.70)
			27-31 id.	1.62	+1.73

au 8 août, avec 21°.63. La plus froide est la 5me, du 21 au 25 janvier, avec — 5°.41. Le plus fort écart positif, + 6°.62, tombe sur la 69me pentade du 7 au 11 décembre ; le plus fort écart négatif, — 5°.49, tombe sur la 8me. La plus forte hausse de température, + 4°.77 a eu lieu entre la 9me et la 10me pentade, en février ; et la plus forte baisse de température, — 6°.35, entre la 27me et la 28me, au milieu de mai, immédiatement *après* la période soi-disant critique des saints de glace.

3° *Moyennes diurnes. — Anomalies.*

Le *tableau VI* fournit la classification des jours de l'année à *Genève*, suivant leurs températures moyennes et conformément à la terminologie introduite par Plantamour. Il en résulte que, dans l'année météorologique, il y a eu 51 jours dont la température moyenne a été au dessous de zéro, dont quatorze *jours très froids* en décembre, janvier et février. (Il y en a eu 19 de moins, en décembre 1907, pour l'année civile). Il y en avait eu 40 en 1906, 32 en 1905, 41 en 1904, 37 en 1903, 31 en 1902 et 33 en 1901. — Il n'y a pas eu de *jour très chaud* cette année.

Le *tableau VII* fournit une classification analogue pour le *Grand Saint-Bernard*. La très longue série des jours où la température moyenne diurne est restée au-dessous de zéro s'étend du 28 octobre 1906 au 8 mai 1907, avec des interruptions du 23 au 27 et le 30 novembre 1906, les 24 et 26 avril et le 4 mai 1907. La température moyenne n'est, d'autre part, pas descendue au-dessous de zéro pendant une assez longue période de l'été, du 5 juin au 2 octobre.

VI. Classement des températures diurnes. — GENÈVE, 1907.

PÉRIODE	NOMBRE DE JOURS								Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	très froids		froids		tempérés		chauds			
	− 15° à − 10	− 10° à − 5	− 5° à 0	0° à + 5	+ 5° à + 10	+ 10° à + 15	+ 15° à + 20	+ 20° à + 25		
Décembre 1906	—	6	15	8	2	—	—	—	− 8°.78 le 28	+ 6°.04 le 5
Janvier 1907	2	1	10	16	2	—	—	—	−11.25 le 23	6.04 le 2
Février	—	5	11	10	2	—	—	—	− 6.45 le 11	5.83 le 20
Mars	—	—	1	19	11	—	—	—	− 0.84 le 12	7.69 le 19
Avril	—	—	—	—	26	3	1	—	+ 5.07 le 28	15.79 le 26
Mai	—	—	—	—	5	13	13	—	5.17 le 1	18.14 le 26
Juin	—	—	—	—	—	9	19	2	12.34 le 13	20.91 le 21
Juillet	—	—	—	—	—	7	20	4	11.37 le 2	22.93 le 29
Août	—	—	—	—	—	2	16	13	14.15 le 22	24.64 le 6
Septembre	—	—	—	—	—	14	16	—	12.12 le 17	18.66 le 9
Octobre	—	—	—	—	12	19	—	—	7.23 le 26	14.20 le 1
Novembre	—	—	—	10	20	—	—	—	+ 3.09 le 23	9.83 le 3
Décembre	—	—	2	17	12	—	—	—	− 1.64 le 18	9.75 le 10
Année météorologique	2	12	37	63	80	67	85	19	− 11.25 le 23 janvier	+ 24.64 le 6 août.
» civile	2	6	24	72	90	67	85	19	id.	id.

VII. Classement des températures diurnes. — SAINT-BERNARD, 1907.

Période	− 25° et − 20	− 20° et − 15	− 15° et − 10	− 10° et − 5	− 5° et 0	0° et + 5	+ 5° et + 10	+ 10° et + 15	Jour le plus froid	Jour le plus chaud
Décembre 1906	—	7	16	6	2	—	—	—	−19°.8 le 29	− 3°.7 le 3
Janvier 1907	1	2	7	13	8	—	—	—	−23.3 le 23	− 1.4 le 16
Février	—	4	14	8	2	—	—	—	−19.2 le 2	− 2.4 le 28
Mars	—	1	9	12	9	—	—	—	−18.9 le 12	− 2.0 le 29
Avril	—	—	1	15	12	2	—	—	−10.4 le 29	+ 1.0 le 26
Mai	—	—	—	4	9	14	4	—	− 7.5 le 1	8.3 le 26
Juin	—	—	—	—	2	12	16	—	− 0.8 le 3	9.1 le 20
Juillet	—	—	—	—	—	13	16	2	+ 0.3 le 2	11.4 le 29
Août	—	—	—	—	—	5	15	11	0.1 le 16	14.1 le 5
Septembre	—	—	—	—	—	15	13	2	+ 0.7 le 30	11.8 le 7
Octobre	—	—	—	—	18	13	—	—	− 3.4 le 29	3.4 le 12
Novembre	—	—	2	5	21	2	—	—	−11.1 le 22	+ 1.2 le 30
Décembre	—	—	7	13	11	—	—	—	−12.6 le 16	− 1.8 le 8
Année météorologique	1	14	49	63	83	76	64	15	−23.3 le 23 janv.	+ 14.1 le 5 août
» civile	1	7	40	70	92	76	64	15	id.	id.

Ces deux tableaux fournissent également, pour chaque mois et pour l'année, les dates des jours les plus froids et les plus chauds. L'écart entre les températures diurnes extrêmes est plus fort cette année qu'en 1906 ; il est de 35°.9 pour Genève et de 37°.4 pour le Grand Saint-Bernard.

L'*anomalie* résultant de ce qu'il fait plus chaud dans la station de montagne que dans la station de plaine, anomalie qui ne se présente qu'en hiver, par un temps clair et sec au Saint-Bernard et du brouillard à Genève, ne s'est pas manifestée en 1907.

4° *Températures extrêmes.*

Les *tableaux VIII* et *IX* fournissent, pour les deux stations, les températures extrêmes indiquées par les thermomètres à minimum et à maximum. A *Genève*, le minimum absolu est de près de 3 degrés plus bas que le minimum moyen des 50 années de 1826 à 1875 (— 13°.3). Le maximum absolu est de plus de 1 degré plus élevé que le maximum absolu moyen (+ 32°.5). L'oscillation extrême de la température, 49°.7 est à donc supérieure à l'oscillation moyenne (45°.8). — Au *Grand Saint-Bernard*, l'oscillation extrême est de 44°.2, supérieure à celle de l'année précédente.

Ces tableaux fournissent en outre, pour les deux stations, les nombres de *jours de gelée*, où le minimum est descendu au-dessous de zéro, et de *jours de non dégel*, où le maximum est resté au dessous de zéro. A Genève ces deux nombres sont un peu supérieurs aux nombres moyens des 50 années de 1826 à 1875 (91 et 21).

VIII. Températures extrêmes. GENÈVE, 1907.

PÉRIODE	Minimum absolu	Date.	Maximum absolu.	Date.	Nombre de jours: Minimum au-dessous de 0°.	Nombre de jours: Maximum au-dessous de 0°.
	°		°			
Déc. 1906	-16.0	le 31	+ 9.8	le 5	26	11
Janvier 1907 ..	-14.9	le 24	11.2	le 2	25	4
Février.......	-10.2	le 11	11.5	le 19	21	11
Mars.........	- 6.0	le 13	15.2	le 30	18	0
Avril.........	- 1.0	le 21	23.2	le 26	1	0
Mai..........	- 0.5	le 2	27.7	le 26	1	0
Juin	+ 6.0	le 5	29.0	le 28	0	0
Juillet	8.1	le 13	31.3	le 29	0	0
Août.........	6.4	le 22	33.7	le 5	0	0
Septembre....	7.9	les 20 et 21	27.0	le 12	0	0
Octobre	+ 2.8	le 18	19.9	le 1	0	0
Novembre	- 1.7	le 25	15.0	les 12 et 27	5	0
Décembre	- 5.2	le 18	14.0	les 8 et 10	9	0
Année mét. ..	-16.0	le 31 déc. 06	+33.7	le 5 août	97	26
» civile...	-14.9	le 24 janv. 07		id.	80	15

IX. Températures extrêmes. SAINT-BERNARD, 1907.

PERIODE	Minimum absolu.	Date.	Maximum absolu.	Date.	Nombre de jours: Minimum au-dessous de 0°.	Nombre de jours: Maximum au-dessous de 0°.
	°		°			
Déc. 1906	-23.0	le 30	- 0.8	le 1	31	31
Janvier 1907 ..	-26.0	le 23	+ 2.7	le 17	31	29
Février.......	-23.5	le 2	1.2	le 27	28	27
Mars.........	-22.8	le 12	4.2	le 29	31	22
Avril.........	-14.4	le 20	7.0	le 26	31	20
Mai..........	-14.6	le 2	13.4	le 26	21	7
Juin	- 4.5	le 24	14.4	le 9	10	0
Juillet........	- 4.2	le 3	15.2	le 29	8	0
Août	- 1.4	le 21	18.2	le 5	4	0
Septembre....	- 1.5	le 5	16.8	le 7	3	0
Octobre	- 6.0	le 31	5.3	le 12	26	7
Novembre	-14.0	le 25	4.0	le 30	30	22
Décembre	-15.0	le 16	0.0	le 21	31	30
Année mét....	-26.0	le 23 janv.	+18.2	le 5 août	254	156
» civile...		id.		id.	254	155

X. Température du Rhône. 1907.

PÉRIODE	Moyenne.	Écarts avec la valeur normale.	Minimum.	Maximum.	Différence entre la température de l'eau et celle de l'air.
	°	°	°	°	°
Décembre 1906 . .	5.94	– 0.67	4.0 les 24, 26, 28 et 29	8.0 le 6	+ 7.19
Janvier 1907 . . .	4.33	– 0.78	2.2 le 28	5.8 le 3	+ 4.29
Février	3.71	– 1.25	2.5 le 4	4.9 le 16	+ 4.69
Mars	5.09	– 1.03	3.4 le 12	7.0 le 30	+ 1.06
Avril	7.03	– 1.75	6.0 le 2	8.3 le 26	– 0.79
Mai	9.97	– 1.75	7.1 les 1 et 15	14.8 le 31	– 3.19
Juin	13.38	– 1.98	8.3 le 6	16.9 les 19 et 20	– 3.03
Juillet	16.36	– 1.73	11.4 le 5	19.0 les 23, 27 et 29	– 0.98
Août	18.46	– 0.19	14.4 le 17	21.1 le 15	– 0.63
Septembre.	17.76	+ 0.69	15.0 le 4	19.8 le 13	+ 2.50
Octobre	14.07	+ 0.09	11.9 le 28	15.9 le 1	+ 3.55
Novembre	9.59	– 0.04	6.3 le 23	13.1 le 1	+ 3.23
Décembre	6.57	– 0.04	4.8 le 18	9.0 le 2	+ 2.64
Année météorolog.	10.57	– 0.77	2.2 le 28 janvier.	21.1 le 15 août.	+ 1.53
» civile. . . .	10.61	– 0.73	id.	id.	+ 1.13

La dernière *gelée blanche à glace* du printemps à Genève a eu lieu le 2 mai. La première gelée blanche à glace de l'automne a eu lieu le 15 novembre.

Au *Grand Saint-Bernard,* le petit lac près de l'hospice a été complètement dégelé le 9 juillet et il s'est congelé à nouveau le 10 octobre.

5° *Température du Rhône.*

Le *tableau X* fournit les documents habituels sur la température du Rhône prise, comme antérieurement, vers midi, à la sortie du lac sous le pont des Bergues, à une profondeur de 1 mètre au dessous de la surface de l'eau.

III. Pression atmosphérique.

Genève. — Comme je l'annonçais dans le résumé de l'année 1903, le baromètre de Fuess n° 1492/57, qui sert de baromètre normal depuis décembre 1902, a été vérifié le 30 janvier 1904, et sa correction, par rapport au baromètre normal du bureau météorologique de Zurich, est de $+ 0^{mm}.21$. L'altitude du zéro de l'échelle est de $404^{mm}.96$, la même que pour l'ancien baromètre de Noblet, en admettant $373^{m}.60$ pour la cote absolue du repère de la pierre du Niton.

Les six observations diurnes de 7 h. du matin à 10 h. du soir se font directement au baromètre de Fuess. Les indications pour les deux observations nocturnes de 1 h. et de 4 h. du matin, ainsi que les valeurs des minima et des maxima, sont relevées sur les diagrammes du barographe à enregistrement continu de Redier, ou, subsidiairement, sur ceux du barographe horaire de Hipp.

La moyenne des huit observations trihoraires donne

la *moyenne diurne* de la pression atmosphérique. Les *moyennes mensuelles* et *annuelles* sont directement déduites de ces moyennes diurnes.

Grand Saint-Bernard. — Depuis 1904, les trois observations directes diurnes sont faites au nouveau baromètre de Fuess, n° 1570/100, installé à l'hospice le 5 octobre 1903 à côté de l'ancien baromètre de Gourdon. La correction de ce baromètre, par rapport au baromètre normal du bureau météorologique de Zurich est de $+ 0^{mm}.75$. Son altitude, résultant du nouveau nivellement de précision exécuté en 1906, est de $2475^{m}.8$. — Les valeurs des minima et des maxima de la pression sont relevées sur le barographe horaire de Hottinger, décrit dans le résumé de 1884.

1° *Moyennes générales. — Variation diurne. — Écarts.*

Le *tableau XI* donne, pour *Genève,* les valeurs moyennes de la pression atmosphérique pour les treize mois, les saisons et l'année, météorologique et civile ; il donne en outre, pour toutes ces périodes, la variation diurne exprimée par les différences entre les moyennes générales et les moyennes des huit observations trihoraires.

Le *tableau XII* fournit les indications analogues pour le *Grand Saint-Bernard,* mais la variation diurne n'est plus exprimée qu'assez incomplètement par la différence entre les moyennes générales et les moyennes des *trois* observations diurnes.

Le *tableau XIII* donne les résultats de la comparaison entre les moyennes mensuelles et annuelles et les valeurs normales déduites par Plantamour des années de 1836 à 1875 pour Genève, et des années de 1841 à 1867 pour le Grand Saint-Bernard.

XI. Pression atmosphérique. — GENÈVE, 1907.

PÉRIODE	Hauteur moyenne	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1906	726.16	+0.13	+0.09	+0.11	+0.54	-0.46	-0.49	-0.07	+0.15
Janvier 1907 .	734.00	+0.20	+0.01	+0.12	+0.51	-0.36	-0.49	-0.09	+0.10
Février	726.76	+0.02	-0.07	+0.20	+0.36	-0.19	-0.63	-0.05	+0.36
Mars	731.41	+0.49	+0.13	+0.28	+0.27	-0.32	-0.77	-0.20	+0.12
Avril	721.21	+0.13	-0.03	+0.29	+0.25	-0.16	-0.61	-0.09	+0.22
Mai	725.78	+0.25	+0.15	+0.50	+0.41	-0.18	-0.78	-0.54	+0.19
Juin	727.47	+0.32	+0.14	+0.41	+0.35	-0.33	-0.73	-0.47	+0.31
Juillet	727.95	+0.11	+0.06	+0.31	+0.25	-0.18	-0.55	-0.30	+0.30
Août.	729.50	+0.37	+0.16	+0.51	+0.43	-0.15	-0.87	-0.72	+0.27
Septembre . .	729.72	+0.30	+0.10	+0.29	+0 46	-0.15	-0.77	-0.34	+0.11
Octobre	723.73	+0.11	-0.23	+0.03	+0.20	-0.15	-0.38	+0.08	+0.34
Novembre . . .	728.12	+0.10	-0.15	+0.17	+0.46	-0.30	-0.48	-0.05	+0.25
Décembre . . .	725.86	+0.32	+0.19	+0.17	+0.55	-0.38	-0.63	-0.25	+0.03
Hiver	729.05	+0.12	+0.01	+0.14	+0.47	-0.34	-0.53	-0.07	+0.20
Printemps. . .	726.19	+0.29	+0.08	+0.36	+0.31	-0.22	-0.72	-0.28	+0.18
Eté	728.31	+0.27	+0.12	+0.41	+0.34	-0.22	-0.71	-0.51	+0.30
Automne . .	727.15	+0.17	-0.10	+0.16	+0.37	-0.20	-0.54	-0.10	+0.24
Année météor.	727.67	+0.21	+0.03	+0.27	+0 37	-0.24	-0.63	-0.24	+0.23
Année civile. .	727.64	+0.23	+0.04	+0.27	+0.37	-0.24	-0.61	-0 25	+0.22

XII. Pression atmosphérique. — SAINT-BERNARD, 1907.

PÉRIODE	Hauteur moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.
	mm	mm	mm	mm
Décembre 1906.	558.03	-0.10	+0.01	+0.10
Janvier 1907 . .	565.31	-0.15	-0.12	+0.27
Février	558.98	-0.31	+0.07	+0.24
Mars	564.39	-0.24	-0.07	+0.31
Avril	557.79	-0.46	+0.12	+0.34
Mai	565.58	-0.32	+0.02	+0.30
Juin	567.76	-0.27	-0.07	+0.34
Juillet	568.35	-0.35	+0.04	+0.31
Août	571.24	-0.23	-0.02	+0.25
Septembre . . .	570.30	-0.24	+0.04	+0.20
Octobre.	563.65	-0.31	-0.12	+0.43
Novembre . . .	565.05	-0.19	+0.02	+0.17
Décembre . . .	561.29	+0.04	-0.03	-0.01
Hiver	560.83	-0.18	-0.02	+0.20
Printemps . . .	562.64	-0.34	+0.02	+0.32
Été	569.13	-0.29	-0.02	+0.31
Automne	566.30	-0.25	-0.02	+0.27
Année météor .	564.74	-0.26	-0.01	+0.27
Année civile . .	565.02	-0.25	-0.01	+0.26

XIII. Pression atmosphérique. — Écarts, 1907.

Période.	Genève.	Saint-Bernard.	Genève–St-Bernard.
	mm	mm	mm
Décembre 1906......	– 1.80	– 4.29	+ 2.49
Janvier 1907	+ 6.63	+ 4.82	+ 1.81
Février	– 0 08	– 1.26	+ 1.18
Mars	+ 6.38	+ 4.68	+ 1.70
Avril...............	– 3.56	– 3.84	+ 0.28
Mai................	+ 0.54	+ 1.74	– 1.20
Juin	+ 0.28	+ 0.65	– 0.37
Juillet..............	+ 0.30	– 0.13	+ 0.43
Août	+ 1.84	+ 2.84	– 1.00
Septembre..........	+ 2.09	+ 2.85	– 0.76
Octobre.............	– 2.78	– 0.95	– 1.83
Novembre	+ 2.27	+ 3.02	– 0.75
Décembre	– 2.10	– 1.03	– 1.07
Année météor.......	+ 1.03	+ 0.86	+ 0.17
Année civile	+ 1.00	+ 1.14	– 0.14

Aux deux stations, la moyenne annuelle est supérieure à la moyenne générale, et il n'y a pas, en 1907, de différence sensible entre l'année météorologique et l'année civile, surtout à Genève. La majorité des écarts du *tableau XIII* sont positifs : huit pour Genève sept pour le Saint-Bernard. — Les écarts positifs les plus forts sont, pour les deux stations, en janvier et en mars ; l'écart négatif le plus fort est en avril pour Genève, en décembre 1906 pour le Saint-Bernard. — La discordance entre les deux stations est maximum dans un sens en décembre 1906, dans l'autre en octobre.

2° *Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

Les *tableaux XIV* et *XV* donnent les minima et les maxima absolus pour les treize mois et pour l'année aux deux stations.

A *Genève*, les extrêmes moyens et absolus ont les valeurs suivantes :

			mm.
minimum	extrême	moyen :	705.05
»	»	absolu :	700.16 (26 XII 1856)
maximum	extrême	moyen :	741.03
»	»	absolu :	748.71 (17 I 1882)

Le minimum absolu de l'année météorologique 1907 se rapproche beaucoup de sa valeur moyenne. Le maximum absolu dépasse un peu le maximum moyen. L'amplitude annuelle totale est donc peu différente de l'amplitude moyenne. Elle est moindre pour l'année civile.

Au *Grand Saint-Bernard*, l'amplitude annuelle totale a presque la même valeur que dans les trois années précédentes ; elle est seulement un peu plus faible.

XIV. Pressions extrêmes. GENÈVE, 1907.

Période.	Minimum absolu.	Date.	Maximum absolu.	Date.	Amplitude
	mm		mm		mm
Déc. 1906 ...	705.7	le 26	736.5	le 21	30.8
Janvier 1907 .	717.0	le 30	742.7	le 18	25.7
Février	711.0	le 20	736.7	le 28	25.7
Mars	722.7	le 11	738.3	le 22	15.6
Avril	708.4	le 4	735.4	le 23	27.0
Mai	720.4	le 6	731.3	le 9	10.9
Juin.........	719.9	le 1	732.6	le 23	12.7
Juillet	719.2	le 1	734.7	le 11	15.5
Août	721.9	le 15	735.6	le 21	13.7
Septembre ...	719.5	le 28	735.6	le 20	16.1
Octobre......	708.5	le 16	733.6	le 12	25.1
Novembre....	719.1	le 12	734.5	le 15	15.4
Décembre ...	710.0	le 14	739.8	les 17 et 18	29.8
Année météor.	705.7	le 26 décembre.	742.7	le 18 janvier.	37.0
Année civile..	708.4	le 4 avril.		id.	34.3

XV. Pressions extrêmes. GRAND St-BERNARD, 1907.

Période.	Minimum absolu.	Date.	Maximum absolu.	Date.	Amplitude.
	mm		mm		mm.
Déc. 1906 ...	543.8	le 26	569.6	le 3	25.8
Janvier 1907..	549.0	le 30	573.7	le 18	24.7
Février	546.9	le 21	570.6	le 27	23.7
Mars	554.6	le 14	572.4	le 20	17.8
Avril	548.0	le 4	571.2	le 23	23.2
Mai..........	555.3	le 19	571.0	le 25	15.7
Juin.........	560.0	le 1	572.7	le 27	12.7
Juillet	560.2	le 2	573.9	le 28	13.7
Août.........	565.0	le 16	575.3	le 13	10.3
Septembre ...	562.0	le 3	577.2	le 8	15.2
Octobre	553.3	le 17	574.0	le 11	20.7
Novembre....	557.5	le 23	570.0	le 30	12.5
Décembre....	549 0	le 14	571.8	le 17	22.8
Année météor.	543.8	le 26 déc. 06.	577.2	le 8 sept. 07.	33.4
Année civile..	546.9	le 21 février 07.		id.	30.3

(A suivre.)

QUATRE-VINGT-ONZIÈME SESSION

DE LA

SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES

RÉUNIE A

GLARIS

les 31 août, 1er et 2 septembre 1908

(Suite et fin[1].)

Géologie.

Président : M. le prof. J. Früh (Zurich).
Secrétaires : MM. R. Beder (Zurich) et E. Bernet (Genève).

J. Oberholzer. Les nappes de Silbern. — Alb. Heim. La carte au 1 : 25000 des environs d'Aarau par M. F. Mühlberg et la carte au 1 : 50000 des Alpes pennines par M. E. Argand. — Arn. Heim. Photographies coloriées géologiquement de la région du Mattstock, carte géologique au 1 : 3000 de l'anticlinal de Fli, un échantillon de grès vert nummulitique contenant un caillou de granit de Habkern, photographie d'un microplissement dû à un glissement subaquatique des marnes œningiennes : — H. Schardt. La genèse des plis-nappes. — M. Lugeon. La formation du pétrole. — H. Schardt. Un profil géologique à travers le Jura soleurois d'après M. F. Mühlberg complété par l'auteur. — Alb. Heim. Les variations de pesanteur et la tectonique dans le Valais. — H. Schardt. Les blocs erratiques des environs de Monthey.

M. J. Oberholzer (Glaris) parle de la *géologie de la Chaîne du Silbern*, située à l'W. du Glärnisch. Cette chaîne, formée de terrains crétaciques, montre la super-

[1] Voir *Archives*, t. XXVI, octobre 1908, p. 313.

position sur la nappe de l'Axen, qui prend une part prépondérante à la constitution de la région comprise entre la vallée de la Linth et le lac des Quatre-Cantons, de 4 autres nappes ou plus exactement de 4 digitations composées exclusivement de terrains crétaciques : la nappe du Bächistock, les deux nappes inférieure et supérieure du Silbern et la nappe de Thoralp. Tous ces éléments tectoniques empilés offrent cette même particularité qu'ils ne comprennent vers le S. que les termes inférieurs du Crétacique, Berriasien-Hauterivien, tandis que vers le N. les termes supérieurs, Urgonien-Seewerkalk, apparaissent successivement, remplaçant les premiers qui s'effilent. Les nappes de l'Axen et du Bächistock sont compliquées elles-mêmes par plusieurs replis frontaux couchés horizontalement. Les charnières anticlinales se continuent parfois, en particulier dans la nappe supérieure du Silbern, en un jambage renversé très réduit, qui s'insinue entre 2 séries normales superposées et qui montre clairement que les nappes ne sont qu'une forme spéciale de pli.

Le Silbern est sillonné par un nombre considérable de fractures, les unes transversales, les autres longitudinales, qui ne comportent du reste que rarement un rejet important. Ces failles sont sûrement plus jeunes que la formation des nappes, car elles se répartissent souvent en des systèmes de fractures parallèles ; d'autre part certaines d'entre elles se prolongent en ligne droite à travers tout un pli, ou même elles passent d'une nappe à une autre sans changer d'allure.

Au Glärnisch, par suite du relèvement vers l'E. de tous les éléments tectoniques, il ne subsiste des nappes du Silbern que celle du Bächistock, qui forme tous les

sommets du Glärnisch moyen et occidental. On retrouve par contre avec une grande netteté le prolongement des nappes du Bächistock et du Silbern (inférieure et supérieure) à l'W. du Bisisthal, au Wasserberg et dans la chaîne du Kaiserstock.

Le front plongeant au N. de la nappe de l'Axen et de ses digitations dorsales s'enfonce suivant la ligne du Muotathal, du Pragel et de Richisau sous la nappe du Säntis-Drusberg, qui constitue les chaînes au N. du Klœnthal et du Muotathal ; d'autre part un lambeau de recouvrement formé de Valangien et de Néocomien du faciès de Drusberg, qui subsiste sur le flanc occidental du Silbern, atteste que la superposition de la nappe du Drusberg sur celle de l'Axen devait en tout cas se prolonger au S. jusque là.

Le faciès des formations crétaciques du Silbern se rattache nettement à celui de la chaîne de l'Axen, mais il se rapproche déjà par certains caractères de celui de la nappe du Säntis-Drusberg, en particulier en ce qui concerne le Néocomien et le Gault. Ce dernier, qui n'est représenté dans la chaîne du Deyenstock, soit vers le front de la nappe de l'Axen, que par l'Albien, montre dans les nappes du Silbern un développement complet avec l'Aptien composé de grès verts, de brèches échinodermiques et de schistes à Inoceramus concentricus et l'Albien formé par des grès verts concretionnés et par les couches à Turrilites Bergeri.

M. le Prof. Alb. Heim (Zurich) montre à la société une carte au 1 : 25000 de la région d'Aarau coloriée géologiquement par M. F. Mühlberg et destinée à représenter en détail les relations existant entre la bordure

du plateau molassique, les chaînes jurassiennes et le Jura tabulaire. Il expose également une carte au 1 : 50000 du massif de la Dent-Blanche coloriée géologiquement par M. E. Argand montrant l'empilement très compliqué de nappes cristallines qui forme cette portion des Alpes méridionales.

M. le Dr Arn. Heim (Zurich) expose 4 *photographies coloriées géologiquement du groupe du Mattstock* (planches X-XIII de la monographie du groupe Churfirsten-Mattstock partiellement à l'impression).

Il est très difficile de rendre par le dessin le caractère géologique exact d'une région très compliquée, parce que de loin les limites entre les diverses formations ne sont pas bien visibles et que de près les détails seuls apparaissent, tandis que l'ensemble échappe. Avec la photographie par contre on peut rendre aussi bien l'ensemble avec des proportions justes que le détail. Il faut pour cela commencer par faire une vue prise à une certaine distance et avec un objectif à long foyer, puis se porter, la photographie en main, sur les divers affleurements et repairer à mesure sur la figure tous les détails observés. On obtient ainsi une image géologique aussi objective et exacte qu'on peut le désirer.

Le même expose une *carte géologique au 1 : 3000 du pli de Fli* près de Weesen sur le lac de Wallenstadt, qui doit paraître avec la monographie précitée (Pl. XIV).

Cette carte figure une petite chaîne, qui est parmi les plus compliquées de la bordure des grands plis alpins et qui appartient probablement au front laminé

de la nappe de l'Axen. Elle fait ressortir d'une façon particulièrement nette le morcellement de la tête du pli de Fli en 4 parties par des décrochements transversaux, morcellement qui est dû à la préexistence d'une niche creusée par l'érosion dans la molasse devant le front du pli haut-alpin et à la poussée rendue ainsi inégale de ce dernier. Du SW au NE chaque compartiment a poussé plus loin au N que le précédent.

Le pli de Fli dans son ensemble est dirigé presque du S au N, mais ces diverses parties prises individuellement ont une direction à peu près normale du SW au NE. Les formations crétaciques de ce pli sont enveloppées par une abondante masse de Flysch, de schistes lutétiens à Globigérines et de calcaires nummulitiques.

Le même montre à la société un échantillon poli de *grès vert nummulitique contenant un galet de granit de Habkern*, qui provient de Seewen. Cet échantillon, qui exclut toute possibilité d'une pénétration tectonique du granit dans le grès, prouve qu'à l'époque du Lutétien moyen il y avait déjà apport d'éléments granitiques d'origine exotique dans la mer helvétique et que la répartition des granits de Habkern n'est pas limitée au faciès du Flysch ; (voir pour plus de détails dans *Vierteljahrsschrift nat. Gesel. Zurich*, 1908).

Le même expose la photographie d'un *microplissement effectué dans une marne miocène* d'Oeningen par un glissement subaquatique. (Voir pour plus de détails dans *N. Jahrbuch für Min., Geol. u. Paleont.*, 1908, p. 377-386, Pl. I).

M. H. Schardt (Neuchâtel), parle de *l'évolution tectonique des nappes de recouvrement.* Il rappelle en commençant l'essai de solution qu'il a proposé pour ce problème à St-Gall en 1906 : « Les vues modernes sur la tectonique et l'origine des Alpes. » Les plis couchés et les nappes de recouvrement qui en dérivent paraissent résulter de deux mouvements tectoniques successifs se reliant à deux causes différentes. Tout d'abord le refoulement latéral a créé des faisceaux de plis parallèles et les a écrasés les uns contre les autres, en les surélevant à des hauteurs croissantes; puis, par l'exhaussement même des plis, ceux-ci se sont renversés latéralement, sous l'action de la pesanteur, soit d'un côté soit de l'autre, et ce mouvement a dû être facilité encore par l'écrasement de la région des racines au cours de la surrection de la partie culminante.

M. Schardt montre à l'appui de cette thèse une série de profils, dessinés à grande échelle, et passant à travers les diverses régions des Alpes. Il expose comment le décollement des sédiments crétaciques et leur plissement indépendant des noyaux jurassiques, souvent à une distance de bien des kilomètres de ceux-ci, constitue une forme tectonique absolument incompatible avec l'hypothèse d'une poussée latérale résultant de la contraction du noyau terrestre. Ce sont des mouvements semblables au glissement des avalanches qui ont transporté au loin les nappes sédimentaires, après que les faisceaux de plis, formés par le refoulement latéral, eurent atteint une hauteur suffisante. C'est ainsi que dans les Alpes calcaires bernoises, dont les plis ont leurs racines dans la vallée du Rhône, les nappes dessinent de vastes coupoles ou voûtes, forme que

l'hypothèse du simple refoulement ne saurait expliquer. Les diverses parties des nappes portent parfois les traces les plus indéniables de mouvements dûs à une *traction*, alors que le refoulement ne peut produire que des écrasements. Les parties frontales par contre offrent des intumescences par écrasement et, des digitations, dûes à des obstacles qui ont arrêté le mouvement. Au cours de leur dévalement, les plis-nappes ont non seulement pu se diviser en complexes parallèles, tertiaire, crétacique et jurassique, mais ils ont pu se morceler transversalement. Sur le bord N. du massif de l'Aar. on voit de la manière la plus nette comment la nappe sédimentaire s'est détachée des noyaux cristallins et s'est entassée sur le flanc du massif en multiples plis plongeants.

Le développement horizontal d'un pli plongeant est accentué par le décollement du Crétacique et du Jurassique, tel qu'il existe soit dans les Alpes d'Unterwald entre l'Urirotstock et le Pilate, soit dans le pli du Säntis. La rencontre de l'obstacle des terrains tertiaires a motivé la formation de digitations frontales qui émergent, alors que la nappe a au début une position plongeante ; c'est encore une forme tectonique que le simple refoulement ne peut pas expliquer.

Les preuves en faveur de cette manière de voir qui résultent de la position réciproque des nappes superposées sont toutes aussi frappantes. Des lambeaux de nappes sont détachés de leur partie radicale, sans qu'on puisse attribuer à l'érosion seule cette solution de continuité ; on y constate en outre des chevauchements et de véritables imbrications que la contraction terres-

tre ne saurait expliquer. Les recouvrements de lambeaux de nappes supérieures par des nappes inférieures, sont particulièrement démonstratifs dans ce sens. Les nappes des Préalpes, (nappe des Klippes, nappe de la Brèche et nappe rhétique) devaient être séparées depuis longtemps de leurs racines, lorsque s'est dessiné le mouvement qui les a jetées sur les sédiments tertiaires du Plateau suisse, avec des lambeaux de la nappe de la Zone des cols et la formidable accumulation de Flysch qui joue le rôle d'une nappe de plus. Ce mouvement s'est accompli pendant le renversement des nappes inférieures haut-alpines, sur lesquelles les parties frontales des nappes préalpines furent poussées au moment de la grande surrection de l'ensemble du faisceau des plis alpins ; les plis-nappes haut-alpins servirent pour ainsi dire de rouleaux transporteurs des premières.

Un profil passant par les Alpes glaronnaises et grisonnes est sous ce rapport plus que suggestif. Devant les nappes glaronnaises entassées et repliées, devait exister autrefois la partie principale des nappes préalpines, dont il ne subsite que quelques klippes et gros blocs exotiques dans le synclinal d'Amden-Grabs. Mais au S de la région radicale des nappes glaronnaises, à plus de 50 km. vers le S-E, se retrouvent les éléments de ces nappes préalpines, soit de la nappe des Klippes, de celle de la Brèche et de la nappe rhétique, resserrés entre la masse des schistes grisons et les nappes massives des Alpes orientales, avec leurs puissants lambeaux cristallins ; ils sont extrêmement laminés et souvent imbriqués collectivement avec le Flysch qui les sépare ; mais ces affleurements ne repré-

sentent apparemment pas encore les racines, qui doivent se trouver à 20 ou 30 km. plus au S, cachées *sous les nappes austro-alpines*.

La partie frontale d'une nappe peut donc renfermer des terrains en épaisseur normale, ou même augmentée par des replis et par des imbrications ; la région intermédiaire peut manquer par étirement ou être réduite à une mince lame ; dans les racines les terrains sont non seulement toujours très laminés, mais ils ont une position voisine de la verticale. La partie frontale peut, au contraire, affecter toutes les positions possibles, horizontale, émergeante ou plongeante ; dans ce dernier cas, la partie intermédiaire affecte la forme d'une voûte, régulière ou compliquée par des plissements accessoires.

On ne saurait se représenter le mécanisme de cette disposition sans faire intervenir deux mouvements successifs ; la surrection verticale des plis par écrasement dont on retrouve l'effet dans les racines, puis le déversement ou dévalement de ces plis très allongés qui, s'écrasant encore et glissant les uns sur les autres, comme une pile de livres qui se renverse, soit nappe sur nappe, soit par complexes isolés de sédiments, durent s'allonger encore.

Cette interprétation, qui fait intervenir pour l'évolution des nappes de recouvrement l'action prédominante de la pesanteur, agissant sur une accumulation de plis, formée par la poussée tangentielle et arrivée dans une situation d'équilibre instable, s'impose par sa simplicité ; elle est en tout cas de nature à expliquer une foule de détails de la structure des Alpes, dont l'origine est incompatible avec l'évolution isolée de

chaque nappe, sous l'action du refoulement tangentiel, et qui n'explique pas l'hypothèse émise par Marcel Bertrand et défendue par M. Lugeon, d'après laquelle les plis-nappes se seraient développés dans la profondeur de la terre. On voit, et les faits le prouvent, que c'est au contraire un phénomène superficiel.

M. Maurice LUGEON (Lausanne) fait un exposé rapide de la question de l'*origine du naphte*, en ce qui concerne particulièrement la migration du naphte à partir de la roche mère jusque dans les zones d'accumulation où il est exploitable. L'accumulation peut se faire dans des terrains plus anciens ou plus jeunes que la roche mère.

M. Lugeon se base surtout sur les belles recherches faites dans les Carpates par les géologues roumains et particulièrement par les professeurs Mrazec et Teisseyre, recherches qu'il a eu l'occasion de contrôler à plusieurs reprises.

Il n'y a plus de doute maintenant sur la roche originelle du naphte roumain, qui ne peut être que l'argile du terrain salifère (Schlier). Tout pétrole plus ancien ou plus jeune ne peut être qu'émigré et parmi les nombreux agents de la migration de ce minéral liquide deux principaux sont à retenir ; pression hydrostatique et pression orogénique. La migration se fera toujours vers les lieux de moindre pression et par conséquent elle sera presque toujours horizontale ou verticale. Elle ne saurait être que très exceptionnellement descendante.

Cette argumentation de la direction de la migration amène à des considérations inattendues. A Busténari, centre important de la production roumaine, de nombreux puits ont été forés avec succès dans l'Oligocène,

terrain qui ne peut être qu'accumulatif. Le naphte ne peut y être originel. Il ne peut provenir que du Salifère, terrain plus jeune.

Or, dans la prolongation de la prétendue île oligocène de Busténari et environs se trouvent, dans la région de Valéni, de puissants amas d'Oligocène qui chevauchent sur le Salifère, ainsi que M. Lugeon a pu le constater en 1907, particulièrement dans les environs du village d'Ogratin. Ici les relations de l'Oligocène avec le Salifère sont des plus nettes parce que, par relèvement d'axe, l'érosion a pu relativement pénétrer plus profondément qu'à Busténari et parce que la transgression méotique ne voile pas ces relations.

Il y aurait donc un chevauchement général de l'Oligocène sur le Salifère dans les Carpates roumaines, charriage qui se serait exécuté avant le Méotique. La présence du naphte dans l'Oligocène de Busténari démontrerait l'existence du charriage. Ce serait du naphte salifère monté de la roche-mère dans l'Oligocène en recouvrement.

M. H. Schardt présente *deux profils à travers le Jura* qui ont pour but de montrer la structure profonde de cette chaîne. L'un passe par le Jura septentrional et a été construit d'après le professeur Mühlberg, en complétant le dessin de celui-ci jusqu'au dessous du niveau de la mer. Le second va du Mont Salève, par le bassin genevois, jusqu'à la vallée de la Valserine, par la chaîne du Reculet. Il résulte de ces constructions que le plissement des terrains sédimentaires qui édifient la chaîne du Jura, ne peut aller plus profond que le Trias, soit le groupe de l'anhydrite ;

la puissante assise du grès bigarré (si elle existe dans le Jura méridional) ne peut guère avoir participé au plissement. Les plis-failles et les chevauchements qui existent autant dans le Jura méridional que dans le Jura septentrional, sont particulièrement démonstratifs dans ce sens. Les imbrications que M. Mühlberg a constatées dans le Muschelkalk, doivent s'être développées sans participation du grès bigarré, peut-être seulement après déblaiement par érosion du Dogger et du Malm, à moins que ces dislocations se soient accomplies au milieu des terrains marneux du groupe de l'anhydrite et de ceux du Keuper et du Lias, tandis que le Dogger se serait plissé ou imbriqué différemment. M. Buxtorf a récemment exprimé une hypothèse analogue en admettant une pousée venant des Alpes comme cause de ces dislocations du Jura. Il admet même un plan de glissement au dessous du Trias moyen, et représente le Jura comme une nappe de glissement plissée (gefaltete Abscherungsdecke). Il serait plus juste de parler d'une *zone* de glissement. Il est en effet peu probable que la poussée venant des Alpes ait produit un glissement sur un plan déterminé ; mais ce sont certainement les couches marneuses dans leur ensemble qui ont servi de lits mobiles en se déformant dans toute leur masse. J'ai déjà eu cette impression, lors de la publication de ma note sur la chaîne du Reculet et du Vuache, en 1890, et en 1891 lorsque j'admis une relation entre les chevauchements du Jura bernois et soleurois et le recouvrement des Préalpes. Les décro. chements du Mont Salève sont particulièrement démonstratifs à cet égard.

M. le prof. Alb. Heim (Zurich) rappelle les observations faites sur les *variations de la pesanteur dans le Valais*, dont les résultats ont été communiqués par M. Niethammer.

Sur l'emplacement de massifs autochtones plissés et surélevés sur place, comme ceux du Mont Blanc ou de l'Aar, les masses internes relativement lourdes doivent avoir été rapprochées de la surface; là, au contraire, où la lithosphère, dont la densité est moindre, a été accumulée en une succession de nappes et d'écailles et s'est affaissée en proportion, les zônes supérieures de la barysphère ont dû être refoulées latéralement. Il faut donc s'attendre à ce que la densité de la terre soit plus forte sous les massifs centraux autochtones, plus faible sous des régions formées par des accumulations de nappes, les variations de la pesanteur nous permettant ainsi de distinguer ces deux catégories géologiques des territoires.

En réalité la pesanteur presque normale dans le massif de l'Aar, diminue sensiblement au S du Rhône dans le domaine des grandes nappes du Simplon, de la Dent Blanche, du Grand Saint-Bernard, etc..... et les zônes correspondant à un défaut de masse maximum, après avoir suivi parallèlement la vallée du Rhône dans le Valais, s'incurvent à l'E de Martigny, de façon à prendre une direction SW et même SSW et à contourner le massif du Mont Blanc. On peut conclure de ces faits que le défaut de masse ne dépend pas des zônes de grandes altitudes ou des profondes coupures de vallées, mais qu'il est déterminé par la tectonique, c'est-à-dire par la répartition des régions autochtones d'une part, des nappes de charriage de l'autre.

M. H. SCHARDT a fait en assemblée générale une conférence sur les *blocs erratiques des environs de Monthey*, dont le compte rendu détaillé paraîtra dans les Actes de la Soc. helv. des Sc. nat., année 1908.

Botanique

Président : M. le Prof. Dr E. FISCHER
Secrétaire : M. J. WIRZ cand. phil.

M. le Prof. A. ERNST (Zurich). *Recherches sur la phylogénie du sac embryonnaire des Angiospermes.*

Exposition d'un nouveau type de développement du sac embryonnaire chez les Angiospermes. Sac à 16 noyaux observé chez les Penæacées, chez *Gunnera* et *Peperomia* (voir : A. Ernst, recherches sur la philogénie du sac embryonnaire des Angiospermes, *Ber. der deutsch. botan. Gesellsch.* Jahrg. 1908 Bd. XXVI a. Heft 6, Seite 419-438.

M. J. WIRZ (Schwanden). *Aperçu sur la flore du canton de Glaris.*

Il s'est produit dans la vallée de la Linth durant le 19me siècle d'importants changements. Le cours du fleuve de Mollis à Walen et plus loin jusqu'au lac de Zurich

a été sorti du marais par la correction de la Linth, les affluents endigués, le terrain gagné fut en grande partie employé à la culture. Près de Bilten se trouvent encore quelques petites tourbières avec *Nimphaea alba*, *Ranunculus lingua* et *flammula*, *Drosera rotundifolia* et *intermedia*, des *Potamogetons*, *Utricularia vulgaris* et *minor*. *Gratiola officinalis*. Le reste du terrain est en partie occupé par des caricaies et des phragmitaies, par *Typha minima* et *Shuttleworthii*, *Sparganium simplex* et *ramosum*, *Acorus Calamus*, *Iris Pseudacorus* et *sibiricus*. Les pentes caillouteuses ont presque complètement disparu surtout dans l'Hinterland et le Sanftal. De petites tourbières se trouvent un peu partout dans la région alpine, la culture en a fait disparaître un grand nombre. A côté d'*Eriophorum*, *Viola palustris*, *Menyanthes*, *Sedum villosum*, *Andromeda* se trouvent encore rarement *Scheuchzeria palustris* et *Schweertia perennis*. Les grands et les petits lacs de la contrée sont presque entièrement dépourvus de plantes. Le terrain gagné par la correction a été en grande partie transformé en prairies. On s'occupe peu d'agriculture de là le manque de plantes fourragères. Il n'y a pas de prairies artificielles. De nombreuses espèces étrangères se sont fixées dans le pays grâce aux voies de communications et s'y sont multipliées : *Erigeron canadensis* et *annuus*, *Oenothera biennis*, *Euphorbia Engelmannii*, *Solidago Virgaurea*, *Salvia verticillata*. Les versants sont en grande partie couverts de forêts. Dans les forêts de conifères dominent le sapin rouge, le sapin blanc, le pin sylvestre le mélèze, le chêne et quelques aroles misérables et stériles. Acette végétation des pentes de la val-

lée se mêlent, particulièrement de l'Unterland à Glaris une série de plantes du föhn : *Hypericum Coris*, *Stipa pennata*, *Staphylea pinnata*, *Evonymus latifolium*, *Prunus Mahaleb*, *Colutea arborescens*, *Coronilla Emerus*, *Asperula taurina*, *Sedum hispanicum*, *Lappula Myosotis*, *Linaria cymbalaria*, *Tamus communis*, *Allium carinatum*, *Lilium croceum*, *Carex humulis*, *Selaginella helvetica*, *Asplenium Adiantum nigrum*. Parmi ces plantes du Föhn on rencontre au Sackberg dans les environs de Glaris, une plante septentrionale relique de l'époque glaciaire : *Botrychium virginianum*. A l'ombre des forêts croissent plusieurs orchidées : *Listera cordata*, *Goodyera repens*, *Epipogon aphyllum*, *Corallorrhiza* dans les forêts de sapins, *Malaxis Amonophyllos* dans les taillis. De nombreuses fougères : *Aspidium spinulosum* s. sp. *dilatatum* et *Cystopteris montana*. La flore de la région alpine ne se distingue ni par sa richesse ni par ses espèces rares, on rencontre cependant au Kistenpass une rareté : *Pleurogyne carinthiaca*. La flore du canton de Glaris se rattache dans les grandes lignes à celle des cantons voisins, St-Gall, Uri et Schwytz. Quoique le canton soit traversé par une chaîne de 2400 m. de hauteur certaines plantes se sont cependant répandues au fond des vallées, *Sesleria disticha*, *Salix helvetica* et *myrsinites*, *Tofieldia palustris*, *Gentiana tenella*, *Phyteuma pauciflorum*, *Androsace glacialis*, *Trifolium pallescens*. D'autre part certaines plantes qui manquent dans les cantons d'Uri et de Schwytz se sont acclimatées : *Centaurea rhaponticum*, *Galeopsis speciosa*, *Callianthemum rutaefolium*, *Dracocephalum Ruschiana*, *Juncus Jacquini*. La différence entre la flore du Serufthal et de la Kaipkette d'un côté, de la

contrée du Glärnisch-Wiggis de l'autre saute aux yeux. La première de ces contrées se compose essentiellement de schistes et du Verrucana sur lesquels croissent *Rhododendron ferrugineus*, *Achillea moschata*, *Primula viscosa*, *Hieracium albidum* et *glaciale*, *Crepis grandiflora*, *Androsace glacialis*, *Sempervivum arachnoidum*, *Juncus trifidus* ; à côté des plantes calcicoles de cette région on trouve dans la deuxième : *Rhododendron hirsutum*, *Erica carnea*, *Hieracium humile*, *Arabis bellidifolia* et *auriculata*, *Petrocallis pyrenaica*, *Draba azoïdes*, *Carex firma* et *tenuis*, *Lilium croceum*, *Allium Victorialis*. On comptait en 1846 1098 plantes vasculaires, en 1896 1207. Cette différence provient de l'émigration de quelques nouvelles plantes et de la séparation de quelques genres en plusieurs espèces.

M. le Prof. A. Ernst (Zurich). *Plantes et formations végétales.*

1° Flore et végétation des cratères des volcans éteints.

2° Flore et végétation des pentes supérieures des volcans en activité.

3° Flore et végétation des environs des solfatares, sources chaudes et mofettes.

4° Composition des couches de lave, de cendres et de lapilli.

5° Flore et végétation de l'île volcanique de Krakatau.

(Les planches accompagnées du texte paraissent dans : « Vegetationsbilder » publié par G. Karsten et H. Schenck, en livraisons, cahiers 1 et 2, Jena 1908).

M. Coaz. *Sur une nouvelle station de Trientalis europœa.*

Trientalis europœa, L, a été trouvé en Suisse par M. le Dr Stehr, conservateur de la collection entomologique du musée de Berne, dans une nouvelle station. Le conférencier accompagné de son fils M. Charles Coaz a trouvé la plante dans le lieu indiqué et la considère comme une relique de l'époque glacière. M. Coaz remet quelques exemplaires à la disposition du musée botanique du Polytechnicum.

M. le Prof. Chodat au nom de Mlle Amélie Grobéty présente quelques considérations sur des *algues en culture pure*. Deux Protococcacées ont d'abord été étudiées *Chlorella rubescens* et *Chlorella cœlastroides*. Ces deux espèces sont à peine distinctes par la morphologie de leurs cellules, mais il est aisé de les reconnaître par leur manière de se comporter sur les mêmes substratum, ainsi tandis que Chlorella cœlastroides sur agar sucré même au bout de plusieurs mois (6 mois) conserve toujours au moins une teinte olive foncée, Chlorella rubescens dans les mêmes conditions fournit des colonies rouge brique. Cette coloration est due à la production de la carotine dans la lumière. On sait que cet hydrocarbure tantôt se forme dans l'obscurité (carotte), tantôt dans la lumière (tomate, feuilles d'Aloë et de Selaginella ou de Buxus). On peut de même chez les algues unicellulaires trouver les deux types représentés. Ainsi *Botrydiopsis minor* devient très vite rouge sur les milieux agar sucré (1 — 8 °/₀ glycose) dans l'obscurité tandis qu'il faut un temps beaucoup plus long pour que la formation de la caro-

tine commence sur ces mêmes milieux à la lumière. Sur les milieux agar sucré (1 — 8 % saccharose), au contraire, la coloration verte se maintient à l'obscurité. Il est intéressant de constater que sur l'empois d'amidon cette même algue devient très rouge à la lumière ; dans l'obscurité non seulement elle n'atteint pas cette couleur si vive, mais son développement est minime. Il faut retenir que cette algue secrète une diastase saccharifiante ce qui peut être démontré par la liquéfaction de l'empois d'amidon et la quantité de sucre qui en résulte. Cette dernière n'étant pas tout entière utilisée pour le développement de la plante, on peut mettre le sucre en évidence.

Conclusion. — Ces algues sont des appareils diversement accordés par rapport à la formation de la carotine en fonction de la lumière et l'une d'elles au moins secrète de la diastase saccharifiante.

M. le Prof. Ed. FISCHER (Berne) présente une *contribution à l'étude des espèces biologiques*. Le conférencier expose deux séries d'expériences faites à l'Institut botanique de l'Université de Berne. L'une, de M. René Probst est sur *Puccinia Hieracii* parasite des *Hieracium*. Ce *Puccinia* doit être divisé en deux espèces qui se distinguent d'après la disposition des pores germinatifs de leurs urédospores : *Pucc. Piloselloidarum* Probst n. sp. qui se développe sur les Piloselloides et *Puccinia Hieracii* s. str. sur les *Euhieracium*. Chacune d'elles se subdivise de nouveau en une série d'espèces biologiques qui vivent sur différentes espèces des deux groupes de *Hieracium*. Le cas observé par M. Probst va plus loin : Dans deux stations voisines A et B *Hieracium pilosella*

subsp. vulgare était attaqué par *Puccinia Hieracii*, mais le champignon de la station A n'attaquait pas *Hieracium pilosella* de la station B et vice versa. Nous avons donc ici deux espèces biologiques de ce champignon qui vivent sur deux races biologiques de *Hieracium pilosella*. Ceci permet l'explication suivante quant à l'origine des espèces biologiques du *Puccinia Hieracii* : le parasite aurait vécu sur les *Hieracium* avant la séparation de ces derniers en petites espèces. Alors se produisit la mutation des *Hieracium* ; la division de l'hôte en différentes espèces influença le parasite de telle manière qu'il se sépara en plusieurs espèces biologiques. Le fait que le choix des hôtes en ce qui concerne ces espèces biologiques va de pair avec la parenté systématique des dits *Hieracium* est d'accord avec ce qui précède.

La seconde observation présentée par le conférencier est celle de M. A. Steiner sur *Sphærotheca Humuli*, parasite des Alchimilles. Ici aussi les conditions biologiques sont compliquées : le champignon vit surtout sur les groupes *Vulgares* et *Calycinæ*, cependant avec exception de certaines espèces *(A. multiflora)*. Les *Alpinæ* par contre ne sont, autant que nous le savons, attaquées par le *Sphærotheca Humulique* en culture dans les serres. Nous avons donc ici un cas dans lequel la sensibilité d'une plante vis-à-vis d'un parasite peut être changée par une influence extérieure. En plus *Spharotheca Humuli* montre sur les Alchimilles des signes de formation d'espèces biologiques : certaines formes de ce parasite ne font pas toujours le même choix parmi les différentes Alchimilles.

En tenant compte du résultat de ces expériences, on

peut s'expliquer le choix actuel de l'hôte par le parasite de différentes manières :

1° Extension du cercle primitif des plantes hospitalières.

a) par mutation du parasite. Celui-ci aurait indépendamment de l'influence de la plante nourricière obtenu, par des causes à nous inconnues, la faculté d'attaquer des hôtes différents, et parmi ceux-ci il peut s'agir de plantes avec lesquelles le parasite n'avait, auparavant, jamais été en relation. (On peut expliquer de cette façon la plurivorie de *Cronartium asclepiadeum* [1]).

b) par un changement de la sensibilité de l'hôte : une plante tout d'abord réfractaire à certains parasites leur devient sensible grâce aux influences extérieures. (Exemple : cas cité plus haut des Alchimilles du groupe *Alpinæ*).

2° Réduction du cercle primitif des plantes hospitalières

a) le parasite s'habitue peu à peu à des hôtes spécifiques à la suite d'implantations successives sur le même hôte. (Expériences de Klebahn avec le *Puccinia Smilacearum-Digraphidis*).

b) séparation d'une espèce de la plante hospitalière en petites espèces, séparation qui amène celle du parasite en espèces biologiques. (Exemple : cas du *Puccinia Hieracii* cité plus haut [2]).

[1] D'après les recherches de Tranzchel; les résultats sont les mêmes pour le *Puccinia Isiacæ*.

[2] Il est d'ailleurs aussi possible d'interpréter les cas de réduction du cercle primitif des hôtes par les explications données plus haut 1° *a)* et *b)*, mais en sens inverse.

M. Th. Herzog. *Voyage en Bolivie. Caractère de la végétation.*

La première étape le conduit de Corumba sur le Rio Paraguay jusqu'à 700 km. plus loin que Santa-Cruz de la Sierra à travers une vaste plaine et un plateau encore peu connu. Les plaines de l'est exposées tour à tour à de très longues inondations et à des périodes de sécheresse de 4 ou 5 mois de durée sont couvertes de forêts verdoyantes aux troncs élevés ; la composition de ces forêts ressemble un peu à celle des Caatingas brésiliens, il s'y mêle cependant quelques éléments des forêts types du Chaco, on trouve dispersés *Bulnesia Sarmienti* et *Schinopsis Balansae.* Ça et là les forêts sont interrompues par des palmiers du genre *Copernicia.* La chaîne molassique des Chiquitos dont le plus haut sommet fut en partie exploré possède une flore d'un caractère essentiellement brésilien, le pied de la montagne est couvert de forêts de légumineuses avec *Hymenaea*, *Pterodon pubescens* et *Piptadenia macrocarpa.* Plus haut, on rencontre de claires forêts ayant le caractère de savanes dont la flore se rattache à celle des montagnes les plus septentrionales du Paraguay.

On trouve dans les gorges des forêts arborescentes et une riche végétation épiphyte d'Hymenophyllées et de mousses. La forêt au pied du Monte Grande qui s'étend vers l'ouest se distingue par de nombreux arbrisseaux épineux (Mimosacées) et plantes crassulescentes (Opuntiées, Bromeliacées terrestres etc.) le palmier nain *Thrinax brasiliensis* est abondant. Au delà du Rio Grande, on entre dans une région de savanes la « Pampa » de Santa-Cruz aux larges prairies

découvertes avec ça et là quelques bouquets d'arbres. La flore est ici très riche et possède des éléments de la Colombie et de l'Amérique centrale. On parcourut au nord de Santa-Cruz les forêts vierges du Rio Blanco, on traversa un pays de collines de la province Velasco qui se distingue par d'immenses forêts de palmiers (*Orbiguya phalerata*) et dont les nombreuses Bignoniacées roses, jaunes et violettes rendaient à cette époque (août) le paysage charmant. *Physocalimma scaberrinum* aux fleurs d'un rouge carmin est l'arbre caractéristique de cette région. Les caractères de la flore brésilienne s'effacent. C'est dans les prairies inondées par le Rio Blanco que l'on franchit la limite méridionale des régions où croît *Mauritia vinifera*. Les orêts vierges du Rio Blanco forment le passage aux forêts humides de l'Hylæa où l'on trouve de nombreux fpalmiers *Bactris* et *Astrocaryum* dans le sous-bois, ainsi que les genres *Musa* et *Heliconia* et le curieux palmier à racines aériennes *Iriartea exorrhiza*.

En octobre on parcourut une partie du versant N. O. des Cordillières. Dans la forêt tropicale qui suit la montagne au delà de la région des savanes de Buenavista on découvrit de nombreuses espèces qu'on ne connaissait jusqu'alors qu'en Colombie et au nord du Pérou. Dans les gorges, *Iriartea* sp. est fréquent et *Chamœdorea* jusqu'à 1100 m. puis viennent les buissons du *Cinchona* jusqu'à 1400 m., le sommet le plus élevé qu'on ait gravi, le Cerro Amboro (1700 m.) produit *Bejaria glauca*, *Weinmannia sorbifolia*, etc., et de nombreux Lycopodes et Fougères.

Le retour de Santa-Cruz s'effectua en traversant les

Cordillières, la première zône de végétation consiste en forêts de montagne pauvres en palmiers jusque vers Samaipata. Les arbres les plus abondants sont : *Tipuana speciosa* et *Diatenopteryx sorbifolia* ; dans les sous-bois, des Acacias, des Rubus et particulièrement luxuriant *Urera baccifera* et de nombreuses Bromeliacées épiphytes.

Après une zone intermédiaire de forêts clairsemées avec *Tipuana*, *Alvaradoa amorphoides* et *Schinopsis marginata* vient la steppe des buissons épineux et de plantes crassulescentes avec de gigantesques cactées en forme de candélabres et plus haut encore une zone se différencie de la zone alpine de buissons des hauteurs de Potora, Pojos, Pocona, etc. Caractéristique de cette région est un arbre nain *Polylepsis incana* qui monte jusqu'à 3800 m. et l'unique conifère des Andes boliviennes *Podocarpus Parlatorei*.

Après la traversée de l'aride plateau de Vacas on atteignit les hautes vallées cultivées de Punata et de Cochabamba où à une hauteur de 2700 m. au-dessus de la mer on cultive le maïs, l'orge, la luzerne, la pomme de terre, Quinoa et quelques fruits. Au nord la chaîne de montagnes d'une hauteur moyenne de 4000 m. dont le plus haut sommet est le Punari (5200 m.) sépare la contrée de Cochabambas relativement sèche des vallées de Jungas sur le versant nord profondément découpées, couvertes de forêts vierges où la végétation est d'une richesse inépuisable. Le voyage se termina à Puna de Oruro après le passage des Cordillières réal par 3 cols de plus de 4000 m. De là jusqu'au bord du Grand Océan s'étend le désert montagneux des Cordillières occidentales.

Zoologie.

Président : Prof. F. Zschokke (Bâle).
Secrétaire : Dr P. Steinmann (Bâle).

C. Keller. Types primitifs conservés parmi les animaux domestiques en Europe, en Asie et en Afrique. — Göldi. Race de chien très voisine de celle du lévrier des Baléares. — H. Goll. Corégones des lacs de Genève, de Neuchâtel et de Morat. — P. Steinmann. La régénération chez les Planaires. — F. Leuthardt. Colonies fossiles et leur transformation dans un laps de temps géologiquement court. — H. Fischer-Sigwart. Nichées d'oiseaux rares. — Le même. Cygnus Bervicki. — Le même. Passage des hirondelles — F.-A. Forel. Mouettes Larus ridibundus. — M. Musy. Observation relative au régime du goëland à manteau noir (Larus marinus). — Le même. Jeune chamois blanc.

M. le prof. C. Keller (Zurich) parle des *types primitifs conservés parmi les animaux domestiques en Europe, en Asie et en Afrique* qui sont connus de nos jours, et plus particulièrement du *lévrier des Baléares ou lévrier Ibiza*, qu'il a eu l'occasion d'étudier récemment.

Cette race de chien possède des caractères tout-à-fait primitifs et est identique à celle des lévriers égyptiens de l'époque des Pharaons. Elle est employée surtout pour la chasse au lapin et doit sa conservation à l'abondance de ce gibier aux Baléares. Il est probable que les chiens lévriers des Canaries dérivent de cette souche.

A propos de cette communication M. le Prof. Göldi (Berne) fait remarquer qu'il existe dans les Etats du S du Brésil une *race de chien très voisine de celle du lévrier des Baléares* mais qui s'en distingue par son

pelage blanc piqué de jaune-rouge. *Ce chien brésilien, connu sous le nom de veadeiro*, a été bien décrit par R. Hensel ; il a du être importé des Açores déjà à une époque reculée

M. le prof. Göldi rappelle encore l'observation, faite par M. Keller dans son livre sur les animaux domestiques, que les *cochons de lait* de nos races de porcs domestiques sont très rarement striés longitudinalement. Il indique à ce propos qu'il a constaté très nettement la striation longitudinale sur des cochons de lait appartenant aux races très perfectionnées de York et du Berkshire immédiatement après leur naissance, l'animal étant encore mouillé par le liquide de l'amnios et étant vu en lumière oblique. Ce caractère de la striation longitudinale, qui doit avoir été général chez les formes ancestrales des porcs sauvages (Guidés) ainsi que chez celles des Equidés et des Papiridés, et qui est conservé chez le sanglier, ne se trouve donc plus chez le porc domestique que pendant les heures qui suivent directement la naissance, et disparait ensuite complètement.

M. H. Goll (Lausanne) parle des *Coregones des lacs de Genève, de Neuchâtel et de Morat* et présente quelques figures de poissons.

M. P. Steinmann a fait une série d'expériences sur *la régénération chez les Planaires*. En sectionnant longitudinalement et par le milieu la partie antérieure du corps de cet animal, il a obtenu des individus à 2 têtes, et, en procédant de même sur la partie postérieure du corps, il a obtenu des individus à deux queues. Ces

régénérations donnant naissance à des parties doubles offrent des différences intéressantes avec les régénérations simples de parties complètement enlevées ; c'est ainsi que, dans le cas des Planaires régénérées à 2 têtes, la partie postérieure commune du corps réagit sur les 2 parties antérieures et cette influence dépend de la longueur de la partie du corps restée simple, c'est-à-dire de la profondeur de la section longitudinale. Si l'extrémité seule de la tête a été fendue, il se forme 2 têtes de la grosseur d'une demi-tête normale ; si la section a été plus profonde, l'indépendance des 2 têtes et aussi leurs dimensions augmentent ; et si finalement la section longitudinale a été étendue jusque près de l'extrémité postérieure, les 2 têtes reformées atteignent à-peu-près les dimensions d'une tête normale. Cette corrélation entre la partie restée simple et les parties devenues doubles est aussi qualitative ; c'est ainsi que le pharynx ne se trouve pas dans l'axe des 2 parties antérieures régénérées, comme on pourrait s'y attendre, mais il est déplacé vers leur face interne, de façon à se rapprocher de l'axe de la région postérieure, et la valeur de cette déviation est directement proportionnelle à la longueur de la région postérieure ou inversément proportionnelle à la profondeur de l'incision.

Les mêmes lois régissent les régénérations doubles provoquées par des incisions latérales, et ces observations ont une importance générale en ce sens que la forme d'ensemble de la partie régénératrice influe sur le développement des parties régénérées, cette influence s'ajoutant à celle de la qualité des parties qui ont été coupées par l'incision.

M. le Dr Fr. Leuthardt (Liestal) fait une communication *sur des colonies d'animaux fossiles et leur transformation dans un laps de temps géologiquement court.*

On trouve dans les faunes fossiles comme dans les faunes actuelles des accumulations sur un espace restreint d'individus appartenant à la même espèce ; les Echinodermes et plus particulièrement les Crinoïdes forment fréquemment de ces sortes de colonies, et bien des calcaires sont formés essentiellement de débris de Crinoïdes, qui malheureusement ne sont le plus souvent plus déterminables à cause de la dissociation des calices.

Deux niveaux de calcaires à Crinoïdes inclus dans le Jurassique moyen des environs de Liestal offrent un intérêt particulier par l'état de conservation très favorable des calices, qui permet une étude détaillée et une détermination certaine des deux espèces auxquelles ils appartiennent.

Le niveau inférieur, qui contient les restes de *Cainocrinus Andreæ* de Lor. et de *Cain. major* Leut., se trouve près de la base du Hauptrogenstein et est épais de 30 à 40 cm. ; il existe sur un territoire d'au moins 15 kilom. de diamètre compris entre Bâle et Ziefen dans la vallée de la hintere Frenke. Les 2 espèces qui contribuent à le constituer ne sont pas mêlées, mais forment des colonies juxtaposées ; leurs restes sont si abondants que l'auteur a pu compter 60 individus sur la surface d'une plaque de 10 dm^2, et il ne s'y mêle qu'un très petit nombre d'autres fossiles.

La mer dans laquelle se déposait ce sédiment zoogène devait être remarquablement tranquille, ce qui n'a été le cas ni avant ni après cette phase de sédimentation.

Le niveau échinodermique supérieur est sus-jacent au Hauptrogenstein et fait partie des couches à Rh. varians ; il est constitué essentiellement par les restes de *Pentacrinus Leuthardti* de Lor., dont les pièces axillaires portent chacune une longue épine. Cette couche n'a que 10-15 cm. d'épaisseur et n'est connue qu'au Sichternfeld près de Liestal ; elle contient, à côté des Pentacrines, des *Ophiomusium ferrugineum* Bœhm, quelques Bivalves et des Brachiopodes.

On remarque de bas en haut dans le même complexe échinodermique une modification appréciable des individus qui deviennent notablement plus petits, qui perdent les épines de leurs pièces axillaires, qui prennent une tige plus mince avec des articles rétrécis vers leurs articulations et qui ont finalement l'aspect général de formes dégénérées. Nous avons donc ici un exemple d'une espèce qui s'est transformée d'une façon remarquable pendant le dépôt d'une couche épaisse de 10 cm. seulement.

M. H. Fischer-Sigwart de Zofingue signale quelques nouveaux lieux de *nichées d'oiseaux rares*. Il parle d'abord du gobe-mouche des murailles, *Musicapa atricapilla*, qu'on rencontre depuis bien des années aux environs de Zofingue, ainsi du reste que sur d'autres points, et qui niche même chaque printemps dans les vergers voisins de Zofingue. Le gobe-mouche à collier *Musicapa collaris* est apparu 2 années de suite en 1907 et 1908 aux abords de la même ville et y a niché. Enfin le gobe-mouche ordinaire, *Musicapa grisola*, a été aperçu par l'auteur au printemps 1908, tandis que la dernière nichée de *Musicapa parva* constatée par lui l'a été en 1895.

Le gorge-bleue, *Erithacus cyaneculus*, visite fréquemment au printemps la vallée de l'Aar et les vallées affluentes, en particulier le Wynenthal ; il est en général représenté par des individus isolés vivant dans les champs de blé au printemps, dans les champs de pommes de terre ou de choux en automne. On n'en connaît pas de nichées dans la région de Zofingue, ni dans le Wauwilermoos, où cette espèce est fréquente surtout en automne ; par contre des nichées ont été constatées par M. Wendnagel et par l'auteur le long du Rhin en aval de Bâle, dans les territoires souvent inondés et couverts de broussailles, et il serait fort possible qu'on en trouvât des nids le long du cours de l'Aar.

La Locustelle tachetée, *Locustella nœvia*, niche, depuis 1907 seulement, dans les mêmes parages au bord du Rhin, et de petites colonies de cette espèce ont passé tout l'été en 1907 et 1908 dans cette région.

Pendant la période de la couvée, le mâle se tient dans les buissons bas, près du sol, et fait entendre son chant si curieux, qui ressemble à s'y méprendre à celui du grillon ou de la sauterelle.

M. Wendnagel qui a observé ce séjour des Locustelles, a vu aussi pendant l'été 1908 dans les mêmes parages 2 couvées de bruants zizi, *Emberiza cirlus*.

Quant aux nichées des rapaces rares dans notre pays, M. Fischer-Sigwart signale les deux observations suivantes :

Le 21 août 1908, M. Ed. Fischer a trouvé dans le Wauwilermoos un hibou brachyote, *Asio accipitrinus*, et dans le voisinage immédiat un nid qui, d'après les

plumes qu'il contenait et les excréments qui l'entouraient, ne pouvait appartenir qu'à cette même espèce. Une autre fois, le même observateur a levé en septembre, dans la même région, 5 individus de ce même hibou qui provenaient évidemment d'une nichée élevée sur place. Il est donc démontré que cette espèce niche parfois, mais rarement, dans les marais de Wauwil.

Le busard montagu, *Circus pygargus*, n'a été constaté jusqu'ici que deux fois dans le bassin de l'Aar : en septembre 1905, un individu de cette espèce a été tué à Diesbach près de Kappelen ; au printemps de la même année, un couple de busards a niché dans une plaine marécageuse des bords de l'Aar, l'Altwasser, dans la Grencher Witi. Autour du nid on pouvait voir des traces rayonnantes faites par les jeunes avant qu'ils puissent voler et deux des membres de cette nichée ont été tués, l'un jeune encore, l'autre après avoir pris son vol ; ce dernier est conservé dans la collection de M. Daul, à Berne.

M. H. Fischer-Sigwart signale ensuite le fait que 3 individus de *Cygnus bervicki* ont été vus le 20 décembre 1907 sur le Rhin en aval de Bâle et que l'un des trois a été tué et fait partie actuellement des collections du Musée de Zofingue. Il n'existe que 2 autres spécimens de cette espèce provenant de Suisse dans les collections de notre pays ; ce sont 2 cygnes de Bervick tués sur le lac de Constance en 1860 et 1870 qui se trouvent au musée de St Gall. Un autre individu, tué sur l'Untersee en 1821, n'a pas été conservé.

M. H. Fischer-Sigwart rend compte enfin de quelques observations sur le *passage des hirondelles*.

En mai 1908, M. A. Lütholf captura à Mehlsäcken près de Reiden, dans le canton de Lucerne, une hirondelle qui portait au cou un petit tube contenant un billet écrit en espagnol. M. Forel, auquel ce document fut communiqué, parvint à établir que cette hirondelle avait séjourné en 1907 à Vilabertran dans la province de Barcelone chez un paysan, qui lui avait suspendu ce billet au cou le 25 août.

Après avoir été délivrée, cette hirondelle nicha en 1908 à Mehlsäcken. Tandis que le paysan de Vilabertran croyait avoir affaire à un des parents de sa nichée, il paraît évident qu'il avait capturé au contraire un des jeunes, car les nombreuses observations de M. Fischer Sigwart tendent à démontrer que les hirondelles retournent toujours nicher là où elles l'on fait pour la première fois tandis que les jeunes choisissent de nouveaux lieux.

L'hirondelle en question a dû émigrer d'abord vers le S., puis revenir au N. jusqu'en Suisse en faisant de multiples détours, comme l'atteste son arrivée très tardive.

M. F. A. Forel raconte quelques *traits des mœurs des mouettes, Larus ridibundus*. Il décrit, d'après le Dr Paul Vouga de St-Aubin, une colonie de mouettes qui, depuis quelques années, nichent sur des îlots de sable à la sortie de la Thièle du lac de Neuchâtel. Il signale la capture faite à Lyon d'une mouette marquée par la station ornithologique de Rossiten, en Courlande. Il constate que la mouette albino, qui revient

à Morges chaque année au commencement d'août, a passé tout l'hiver jusqu'en mars dans le golfe de Morges ; les allures de ces oiseaux sont donc moins vagabondes qu'on ne le croyait.

M. M. Musy (Fribourg) : *Une observation relative au régime du goëland à manteau noir (Larus marinus)*. Ce grand et bel oiseau se reproduit en colonies dans les falaises océaniques au nord du 50me ° ; il est assez répandu dans les deux continents jusqu'au 70° environ et ce n'est qu'exceptionnellement, qu'après les grandes tempêtes surtout, il se répand à l'intérieur de l'Europe et nous arrive en Suisse.

Ce n'est que dans sa troisième année, dit Fatio, qu'il prend le plumage de l'adulte qui lui a valu son nom, soit en français, soit en allemand. Jusque là, on le nomme *grisard*, et ce nom caractérise assez bien le plumage avec lequel on le voit le plus souvent sur le Léman et le lac de Neuchâtel ; l'adulte se rencontre cependant quelquefois.

C'est pour la première fois au mois de janvier 1908 que M. Musy a eu l'occasion d'examiner un grisard capturé à Sugiez sur le lac de Morat.

Les auteurs prétendent qu'il se nourrit presque exclusivement d'animaux vivants ou morts, de poissons surtout, qu'il happe à la surface de l'eau ou ramasse sur les grèves.

L'estomac de l'individu tué à Sugiez contenait deux passereaux tout entiers, un pinson *Fringilla cœleps* L. et un bruant jaune *Emberiza citrinella* L. Notre goëland avale donc des oiseaux avec leurs plumes comme des oiseaux de nuit.

L'intestin du goëland tué à Sugiez, contenait en outre un parasite qui, probablement, est le *Tœnia porosa* Rud.

M. M. Musy montre en outre la photographie d'un jeune *chamois blanc* tué l'hiver dernier dans le massif de Brenleire (Fribourg). Ses yeux était cependant normaux.

Le même signale en outre le *faucon pèlerin* comme espèce nicheuse pour Fribourg depuis quelques années, qui arrive habituellement vers la fin de février.

Médecine.

Président : M. le Dr Frizsche (Glaris).
Secrétaire : M. le Dr R. Oeri (Glaris).

Rossel. Traitement des maladies infectieuses et traumatiques. — Rossel. Tuberculines de Spengler. — P. Conti. De la maladie de Kahler.

La section a entendu la lecture de deux communications du Dr Rossel (Wiesen, Grisons), l'une sur *une nouvelle méthode de traitement des maladies infectieuses et traumatiques chez l'homme et chez les animaux* (il s'agit de nouveaux corps immunisants découverts par l'auteur), l'autre *sur les succès thérapeutiques obtenus avec les tuberculines de Carl Spengler*.

Le Dr P. Conti, (Lugano), médecin principal du grand Hôpital de Milan, a lu une *contribution à la connaissance de la maladie de Kahler* (myélômes multiples). Il s'agit d'un vieillard de 70 ans, qui présen-

tait des douleurs osseuses dans le dos avec irradiation dans les cuisses et une albumosurie très nette (l'urine contenait 2 °/₀₀ du corps de Bence Jones). Après un traitement reconstituant et l'emploi des rayons Rœntgen, une accalmie se produisit et le malade quitta l'hôpital très amélioré. Il y rentra un an plus tard avec des déformations des os du thorax, de la colonne vertébrale et du bassin, accompagnée de violentes douleurs et ne tarda pas à succomber, un an et demi environ après le début de la maladie. L'autopsie faite par le Prof. Zenoni vérifia le diagnostic posé pendant la vie, de myélogénèse atypique limitée à la moëlle osseuse sans hétérotopie et qui avait envahi un grand nombre d'os du squelette. La maladie a toujours été apyrétique.

Ce cas très intéressant sera l'objet d'une publication plus détaillée au point de vue anatomo-pathologique.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

H. Bouasse. Cours de physique, t. IV, un vol. in-octavo de 240 p. avec 207 fig. dans le texte, Paris, Ch. Delagrave, libr. éd.

Nous avons déjà signalé à nos lecteurs l'apparition de cet excellent ouvrage dont nous venons de recevoir le 4me volume. Celui-ci résume les connaissances nécessaires à l'étude des instruments d'optique. Il se divise en deux parties *l'optique géométrique* dont l'auteur déduit théoriquement tous les principes fondamentaux de cette branche de la science et *l'optique ondulatoire* qu'il n'aborde qu'au moment où s'introduit le principe des interférences.

MÉTÉOROLOGIE

Dr Julius Hann : Handbuch der Klimatologie. 3. Auflage, Band I : *Allgemeine Klimalehre,* 394 S. mit 22 Abbildungen im Text. Stuttgart, 1908, J. Engelhorn, lib. édit.

Cet ouvrage classique fait partie de la collection des « Manuels géographiques », fondée par le prof. F. Ratzel, nouvelle série, redigée par Albrecht Penck.

La 3me édition du « Handbuch der Klimatologie » qui vient de paraitre, est de nouveau considérablement augmentée et restera toujours une œuvre scientifique de premier ordre de l'éminent climatologiste.

Le 1er volume, consacré à la partie *théorique* (climatologie *générale*), paraît séparément et par conséquent pourra être utilisé comme excellent manuel de cette importante discipline. Un « appendice » venant bien à propos sera le 5me livre, qui nous donne une merveilleuse représentation

des grandes zones climatologiques (Klimagürtel) de notre globe.

Nous y reviendrons lors de la publication de l'œuvre complète. J. M.

CHIMIE

Analyse des travaux de chimie faits en Suisse.

St. von Kostanecki et V. Lampe. Sur une élimination du groupe « méthoxyle » (*Ber. d. D. chem. Ges.* T. 41, p. 1327 ; Berne, Laboratoire de l'Université).

Les auteurs espéraient en réduisant la leuco-triméthylgalloylcoumarone obtenir un produit analogue à celui qu'ils avaient préparé précédemment par réduction de l'éther méthylique de la catéchine au moyen du sodium et de l'alcool ; ils supposaient qu'il y aurait élimination d'un groupe alcoolique et ouverture de la chaîne coumaranique, mais l'expérience a montré que cette chaîne fermée est dans ce cas très stable. Ils ont en effet obtenu un produit insoluble dans les alcalis, cristallisé en feuillets, F. 84-85° qu'ils ont reconnu être une *diméthoxy-3'-5'-p-benzylcoumarone :*

O
CH^3O CH^2
— CH^2 — CH^2
CH^3O

Il y a donc eu dans ce cas non seulement élimination de l'hydroxyle alcoolique, mais encore d'un groupe méthoxyle. M. Eliaschewitz a obtenu ce même corps par réduction de la diméthoxy-3-5-p-benzoylcoumarone ce qui confirme la formule indiquée ci-dessus. Cette dernière combinaison avait été préparée par condensation de l'acide diméthoxy-3-5-benzoïque avec la coumarone en présence de chlorure d'aluminium.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

des Travaux concernant la Géologie de la Suisse, 1907

---

a) Minéralogie.

1. E. Baumberger. Die Eisenerze im Schweizer Jura. *Mitteil. der naturf. Gesell. Bern*, 1907, 10 p.
2. H. Baumhauer. Ueber das Gesetz der regelmässigen Verwachsung von Rutil und Eisenglanz. *Zeitschrift f. Krystal.*, B. XLIII, 1, p. 61-67.
3. H.-L. Bowman. Hamlinite from the Binnenthal. *Proceed. Miner. Soc. London*, séance du 11 juin 1907.
4. K. Busz. Apatit und Milarit von Gletsch am Rhonegletscher in der Schweiz. *Centralblatt für Min. Geol. u. Pal.*, 1906, p. 753-761.
5. L. Duparc et Hornung. Constitution chimique et propriétés optiques des amphiboles. *Arch. des Sc. phys. et nat. de Genève*, 1907, t. XXIII, p. 505-508.
6. A. Grebel. Beiträge zur Mineralogie der Alpen. *Eclogæ geol. Helv.*, t. IX, p. 439-440.
7. A. Hutchinson. The chemical composition of Lengenbachite. *Min. Magas.*, XIV, N° 66, p. 204-206.
8. J. Kœnigsberger. Beryll aus dem Valser Thal. *Eclogæ*, t. IX, p. 438.
9. G. Linck. Orthoklas aus dem Dolomit von Campolongo. *Neues Jahrb. f. Min. Geol. u. Pal.*, 1907, I, p. 21-31.
10. L. Rollier. Les mines de fer du Jura. *Rameau de Sapin*, mars, avril, mai et juillet 1907.
11. H. Schardt. Produits minéraux de la Suisse. *Diction. géogr. de la Suisse*, t. V, p. 451-473, 1907.
12. C. Schmidt. Asphalt, Steinsalz, Erze. *Handwörterbuch der Volkswirtschaft, Sozialpolitik und Verwaltung*, B. III, p. 91-154.
13. R.-H. Solly and G.-T. Prior. Tennantite from the Binnenthal. *Proceed. Miner. Soc. London*, 19 mars 1907.

14. Ch. Trechmann. Crystallography of Sartorite from Binn. *Min. Magas.*, XIV, N° 66, p. 212-219.

15. Ch. Trechmann. Ueber den Skleroklas von Binn. *Zeitschrift f. Krystall.*, XLIII, 1907, p. 548-563.

b) Pétrographie.

16. U. Grubenmann. Die Marmore. *Mitteil. der thurgau. nat. Gesell.*, XLII, p. 177.

17. U. Grubenmann. Vorläufige Mitteilung über einen schweizerischen Sillimanitgneiss. *Vierteljahrsschrift der nat. Gesell. Zürich*, Jahrg. 1907, LII, p. 279-282.

18. U. Grubenmann. Das Werden der Gesteine. *Mitteil. der thurgau. nat. Gesell.*, XVII, 1906, p. 169-170.

19. U. Grubenmann. Ueber Steinbeile an den thurgauischen Pfahlbauten bei Steckborn und Kreuzlingen. *Mitteil. der thurgau. nat. Gesell.*, 1907.

20. U. Grubenmann, E. Letsch, B. Zschokke, L. Rollier, R. Moser, mit Mitarbeitung mehrerer Autoren. Die Schweizerischen Tonlager. *Mat. Carte géol. de la Sùisse, série géotechnique*, liv. IV, 782 p., 1 carte et 4 pl.

21. E. Hugi. Vorläufige Mitteilung über Untersuchungen in der nördlichen Gneisszone des zentralen Aarmassives. *Eclogæ*, IX. p. 441-464.

22. G. Klemm. Bericht über Untersuchungen an den sogenannten Gneissen und den metamorphen Schiefern der Tessiner Alpen, IV^{ter} Teil. *Sitzungsber. der K. preuss. Akad. der Wissen.*, 1907, p. 245-258.

23. H. Preiswerk. Die Grünschiefer in Jura und Trias des Simplongebietes. *Mat. Carte géol. de la Suisse*, livr. XXVI, 1re partie, 42 p.

24. C.-G.-S. Sandberg. L'âge du granit alpin. *Arch. Genève*, XXIII, p. 581-594.

25. Ch. Tarnuzzer. Notiz über den Marmor von Lavin. *Jahres. ber. der nat. Gesell. Graubündens*, 1907, 5 p.

26. L. Wehrli. Entstehung unserer Lehmlager. *Verh. der schweiz. nat. Gesell. 89. Versam.* St. Gallen, 1906, et *Eclogæ*, IX, p. 394-395.

c) Géophysique.

27. A. Baltzer. L'éboulement de mai 1907 à Kienthal. *C. R. Soc. helv. des sc. nat.*, *Arch. Genève*, 1907, t. XXIV, p. 470-472.

28. J. Beglinger. Urmeer und Festland. *Verh. der schweiz, naturf., 89. Versam.*, St. Gallen, 1906, p. 60.

29. E. Brückner. Bericht der Flusskommission für das Jahr 1905-1906. *Verh. der schweiz. nat. Gesell., 89. Versam.* St. Gallen, 1906, p. 484-486.

30. A. Brun. Le Volcanisme. *Le Globe, org. de la Soc. de géogr. de Genève*, XLVI, Mémoires, p. 1-16.

31. L.-W. Collet. La glauconie. *Arch. Genève*, XXIV, 1907, p. 94-96.

32. J. Favre et M. Thiébaud. Monographie des marais de Pouillerel. *Bull. Soc. neuch. des sc. nat.*, XXXIV, p. 25-87.

33. F.-A. Forel. Les variations périodiques des glaciers, 21e rapport, 1905. *Arch. Genève*, XXIII, 1907, p. 36-44.

34. F.-A. Forel, M. Lugeon et E. Muret. Les variations périodiques des glaciers des Alpes suisses, 27e rapport, 1906. *An. du S. A. C.*, XLIIe année, 1907, p. 273-290.

35. J. Früh. Nachtrag zu « Naturbrücken und verwandte Formen mit spezieller Berücksichtigung der Schweiz. » *Jahrb. der St. Gall. nat. Gesell.*, 1906, 11 p., 3 pl.

36. A. Gautier. Intervention réelle de l'eau dans les phénomènes éruptifs. *Arch. Genève*, 1907, p. 463-468.

37. E. Hagenbach-Bischoff. Bericht der Gletscher-Kommission für das Jahr 1905-1906. *Verh. der schweiz. nat. Gesell, 89. Versam.*, St. Gallen, 1906, p. 487-491.

38. Alb. Heim und J. Früh. Bericht der Erdbeben-Kommission für das Jahr 1905-1906. *Verh. der schweiz. nat. Gesell., 89. Versam.*, St. Gallen, 1906, p. 477-480.

39. M. Lugeon. Calcaire corrodé de Feydey sur Leysin. *Arch. Genève*, XXIII, 1907, p. 206-207, et *C. R. de la Soc. vaud. des sc. nat.*, 5 déc. 1906.

40 J. Meister. Mitteilungen über Quellen und Grundwasserlaufe im Kanton Schaffhausen. *Beil. zum Jahresber. der Kantonsschule Schaffhausen*, 1906-1907, 50 p.

41. R. Meyer. Beitrag zur Frage der Selbstreinigung der Flüsse, speziell derjenigen der Töss. *Thèse présentée à la Fac. des Sc. univ. de Zurich*, 1907, 56 p., 1 pl.

42. P.-L. Mercanton. La méthode de Folgereiter et son rôle en géophysique. *Arch. Genève*, XXIII, 1907, p. 467-482.

43. V. Monti. Di alcune possibili relazioni fra la sismicità della Svizzera e dell'Alta Italia. *Atti, R. Accad. dei Lincei*, 1907, *R. C. Cl. fis. mat. et nat.*, 1er juin, XVI, p. 916-920.

44. A. de Quervain. Die Erdbeben der Schweiz im Jahre 1905. *Ann. der schweiz. meteor Zentralanstalt*, Jahrg. 1905.

45. A. de Quervain. Die Erdbeben der Schweiz im Jahre 1906. *Ann. der schweiz. meteor. Zentralanstalt*, Jahrg. 1906.

46. L. Rollier. Une pluie de pierres survenue à Trélex (Vaud), le 20 février 1907. *C. R. Soc. helv. des sc. nat.*, 1907, et *Arch. Genève*, XXIV, 1907, p. 486.

47. H. Schardt. Le tremblement de terre du 29 mars 1907 à Neuchâtel. *C. R. Soc. neuch. des sc. nat.*, *Arch. Genève*, XXIII, 1907, p. 614-616.

48. H. Schardt. L'éboulement du Grugnay près Chamoson (Valais). *Bull. Soc. murithienne des Sc. nat. du Valais*, XXXIV, p. 205-223.

49. C. Schmidt. Untersuchungen über die Standfestigkeit der Gesteine im Simplontunnel. *Gutachten an die Dir. der schweiz. Bundesbahnen*, Bern, 1907, 63 p., 3 pl.

50. C. Schmidt. Erwiderung auf die vom 1. Okt. 1907 datierten Antworten der Baugesellschaft für den Simplontunnel. Brandt, Brandau et Cᵉ, Winterthur. *Beil. 2 zum Schreiben der Generaldirektion der schweiz. Bundesbahnen an das eidg. Post u. Eisenbahn-Depart.* Nº 55, 220-IV.

51. Ch. Tarnuzzer. Temperaturmessungen unter des Eisdecke des Canova-Sees im Domleschg. *Jahresber. der nat. Gesell. Graubündens*, 1907, 9 p.

52. Ch. Walkmeister. Beobachtungen über Erosionserscheinungen im Plessurgebiet. *Jahresber. der St. Gall. nat. Gesell. f. das Jahr 1906*, p. 151-207, 1907.

d) Tectonique. — Descriptions régionales.

Alpes.

53. O. Ampferer. Ueber Bewegungsbild von Faltengebirgen. *Jahrb. der K. K. geol. Reichanstalt, Wien*, LVI, 1906, p. 539-620.

54. O. Ampferer. Zur neuesten geologischen Erforschung des Rhätikongebirges. *Verh. der K. K. geol. Reichanstalt, Wien*, 1907. Nº 7, p. 192-206.

55. P. Arbenz. Zur Geologie des Gebietes zwischen Engelberg und Meiringen. *Eclogæ.*, IX, p. 464-483.

56. P. Arbenz. Géologie des chaînes comprises entre Engelberg et Meiringen. *C. R. Soc. helv. des sc. nat.*. 1907, et *Arch. Genève*, XXIV, 1907, p. 480-482.

57. P. Arbenz. Bericht über die Exkursion des oberrhein. geol. Vereins durch das Walenseetal am 5-6 April 1907. *Ber. über die XL Versam. des oberrh. geol. Vereins zu Lindau,* 1907, 7 p.

58. A. Baltzer. Erläuterungen zur geologischen Karte der Gebirge zwischen Lauterbrunnental, Kandertal und Thunersee von E. Gerber, E. Helgers und A. Trœsch. Herausgegeben von der *geolog. Kom. der schweiz. naturf. Gesell.*, 1907, 38 p., 1 pl.

50. T.-G. Bonney. On the southern origin attributed to the northern zone in the Savoy and Swiss Alps. *Quarterly Journal of the geol. Soc. London,* LXIII, p. 294-307.

60. A.-F. Engelke. Untersuchungen über die Tektonik der Ebene von Bulle. *Bull. de la Soc. des Sc. nat. de Fribourg, géogr. et géolog.*, IV, fasc. 3, 1907, 57 p., 7 pl.

61. Ed. Gerber. Ueber Spitzer Klippen. *Mitteil. naturf. Gesell. Bern*, Jahrg. 1906, séance du 26 février.

62. Ed. Gerber, E. Helgers und A. Trœsch. Geologische Karte der Gebirge zwischen Lauterbrunnental, Kandertal und Thunersee in 1 : 50000. *Geol. Kom. der schweiz. naturf. Gesell.*, 1907.

63. Alb. Heim. Deutung der nördlichen Lappen des Tessiner Massives. *Verh. der schweiz. naturf. Gesell.*, 1906, p. 60-61. et *Eclogæ*, IX, p. 394.

64. Alb. Heim. Der Bau der Schweizer Alpen. *Neujahrsblatt naturf. Gesell. Zürich auf das Jahr 1908*, p. 1-26, 2 pl. et 9 fig.

65. Arn. Heim. Exkursionsprogramm in die nördlichen Kreideketten vom Toggenburg bis zum Wallensee. *Eclogæ*. IX, p. 368-371, 1 carte, 1 pl.

66. Arn. Heim. Längszerreissung und Abquetschung in den Kreideketten. *Eclogæ*, IX, p. 384-385; voir aussi *Actes Soc. helv. des sc. nat.*, 1906. p. 56.

67. Arn. Heim. Die Brandung der Alpen am Nagelfluhgebirge. *Eclogæ.*, IX, p. 386-387 ; voir aussi *Actes Soc. helv. des sc. nat.*, 1906, p. 56-57.

68. Arn. Heim. Ueber den Berglittenstein und die Grabser Klippe. *Eclogæ.*, IX, p. 425-437.

69. Arn. Heim. Das Walenseetal. *Ber. über die XL Versam. des oberrhein. geol. Vereins zu Lindau*, 1907, 5 p. et 4 pl.

70. Arn. Heim et J. Oberholzer. Geologische Karte der Gebirge am Walensee in 1 : 25000. *Geol. Kom. der schweiz. naturf. Gesell.*, 1907.

71. Fr. Jaccard. Relief de la région du Grammont. *C. R. Soc. vaud. des sc. nat.*, séance du 5 déc. 1906, et *Arch. Genève*, XXIII, 1907, p. 206.

72. Fr. Jaccard. Géologie et tectonique de la région comprise entre la Sarine, l'Hongrin, la vallée supérieure de la Torneresse et le Meyelsgründtal. *C. R. Soc. vaud. des sc. nat.*, séance du 3 juillet 1907, et *Arch. Genève*, XXIV, 1907, p. 291-292.

73. E. Joukowsky. Une coupe du massif d'Arzinol. *Arch. Genève*, XXIV, 1907, p. 99-100.

74. E. Künzli. Beobachtungen in der Südflanke des Juliermassives. *Verh. der schweiz. naturf. Gesell.*, 1906, p. 59, et *Eclogæ*, IX, p. 389.

75. M. Lugeon. Les fenêtres d'Ardon. *C. R. Soc. vaud. des Sc. nat.*, séance du 3 juillet 1907, et *Arch. Genève*, XXIV, 1907, p. 294.

76. M. Lugeon. La fenêtre de Saint-Nicolas. *C. R. Soc. vaud. des sc. nat.*, séance du 3 juillet 1907, et *Arch. Genève*, XXIV, 1907, p. 292-294.

77. M. Lugeon. Structure des Hautes-Alpes calcaires bernovalaisannes. *C. R. Soc. helv. des sc. nat.*, 1907, et *Arch. Genéve*, XXIV, 1907, p. 483-485.

78 G. Niethammer. Die Klippen von Giswyl. *Centralblatt f. Min. Geol. u. Pal.*, 1907, p. 481-484.

79. W. Paulcke. Der Flæscherberg. *Ber. über die XL Versam. des oberrhein. geol. Vereins zu Lindau*, 1906, 6 p., 1 pl.

80. G. Rœssinger. La zone des cols dans la région de la Lenk. *C. R. Soc. vaud. des sc. nat.*, séance du 6 février 1907, et *Arch. Genève*, XXIII, 1907, p. 401-403.

81. G. Rœssinger. Coupes géologiques dans la région de Caux. *C. R. Soc. vaud. des sc. nat.*, séance du 17 avril 1907, et *Arch. Genève*, XXIV, 1907, p. 197-198.

82. L. Rollier. Les dislocations orogéniques des Alpes. *Actes de la Soc. juras. d'émulation*, 1906, p. 115-215, pl. I-VII. Saint-Imier, 1907.

83. L. Rollier. Note additionnelle aux « Dislocations orogéniques des Alpes ». *Le Jura*, *S. A.*, Porrentruy. 1907, 4 p.

84. Ch. Sarasin. Rapport sur les excursions de la Soc. géol. suisse dans les chaînes calcaires situées à l'W du Toggenburg. *Eclogæ*, IX, p. 372-381.

85. Ch. Sarasin. Géologie des environs de la Lenk. *Arch. Genève*, XXIII, p. 96.

86. Ch. Sarasin et L.-W. Collet. La zone des cols et la géologie du Chamossaire. *Arch. Genève*, XXIV, 1907, p. 586-608.

87. H. Schardt. La Suisse, configuration du sol. *Diction. géogr. de la Suisse*, V, p. 101-164.

88. H. Schardt. Les vues modernes sur la tectonique et l'origine de la chaîne des Alpes. *Arch. Genève*, XXIII, 1907, p. 356-385 et 483-496.

89. H. Schardt. Die modernen Anschauungen über den Bau und die Entstehung des Alpengebirges. *Verh. der schweiz. naturf. Gesell.*, 1906, p. 308-344.

90. C. Schmidt. Eröffnungsworte zur 52. Hauptversammlung der deutschen geol. Gesell. zu Basel. *Monatsberichte der deutschen geol. Gesell.*, LIX, 1907, N° 8-9, p. 169-174.

91. C. Schmidt. Führer zu den Exkursionen der deutschen geol. Gesell. im südl. Schwarzwald, im Jura und in den Alpen. *Buchdruckerei Birkhauser, Basel*, 70 p., 77 fig., 6 pl.

92. C. Schmidt. Bild und Bau der Schweizeralpen. *Beilage z. Jahrb. des S. A.C.*, XLII, 1906-1907, 91 p., 84 fig., 3 pl.

93. C. Schmidt. Tektonische Demonstrationsbilder. *Bericht über die XL Versam. des oberrhein. geol. Vereins zu Lindau*, 1906, 3 p. et 5 pl.

94. C. Schmidt. Ueber die Geologie des Simplongebietes und die Tektonik der Schweizeralpen. *Eclogæ.*, IX, p. 484-584, 8 pl. et 10 fig.

95. C. Schmidt et H. Preiswerk. Geologische Karte der Simplongruppe in 1 : 50 000, 1907. *Geol. Kom. der schweiz. naturf. Gesell.*

96. G. Steinmann. Ueber Gesteinsverknetungen. *Neues Jahrb. f. Min., Geol. u. Pal.*, Textband 1907, p. 330-347.

97. G. Steinmann. Alpen und Apennin. *Monatsber. der deutsch. geol. Gesell.*, LIX, 1907, p. 177-183.

98. P. Termier. Sur la nécessité d'une nouvelle interprétation de la tectonique des Alpes franco-italiennes. *Bull. Soc. géol. de France*, VII, p. 174-189, avec 2 pl.

99. A. Tornquist. Vorläufige Mitteilung über die Algäu-Voralberger Flyschzone. *Sitzungsber. der K. preuss. Akad. der Wiss.*. 1907, p. 591-599.

100. O. Wilckens. Ueber den Bau des nordöstlichen Adulagebirges. *Central. f. Min., Geol. u. Pal.*, 1907, p. 341-348.

Plateau molassique et Jura.

101. B. Aeberhardt. Les gorges de la Suze. *Beilage zum Jahresbericht des Gymnasiums in Biel für das Schuljahr 1906-1907*. 35 p., 1 carte, 1 pl.

102. Abbé Bourgeat. Quelques remarques orogéniques sur le Jura. *Mém. de la Soc. d'émulation du Jura*, 8e série, t. I, 1907, p. 55-70.

103. A. Buxtorf. Geologische Beschreibung des Weissenstein-Tunnels und seiner Umgebung. *Mat. carte géol. de la Suisse*, nouv. sér., liv. XXI, 125 p., 1 carte au 1 : 25000 et 3 pl. de profils.

104. A. Buxtorf. Zur Tektonik des Kettenjura. *Ber. über die XL. Versam. des oberahein. geol. Vereins zu Lindau*, 1907, 10 p., 1 pl.

105. O. Herbordt. Geologische Aufnahme der Umgegend von Rapperswil-Pfäffikon am Zürichsee. *Thèse présentée à la Fac. des Sc., Univ. Zürich*, 38 p., 1 carte au 1 : 25 000.

106. J. Hug. Geologie der nördlichen Teile des Kanton Zürich und der angrenzenden Landschaften. *Mat. pour la carte géol. de la Suisse*, nouv. série, livr. XV, 127 p., avec 1 carte au 1 : 25 000 contenant les feuilles d'Andelfingen, Rheinfall, Kaiserstuhl de l'Atlas Siegfried.

107. E. Künzli. Temperaturen und Wasserverhültnisse im Weissenstein-Tunnel. *Mat. pour la carte géol. de la Suisse*, nouv. sér.. liv. XXI, p. 126-147, 2 pl.

108. J.-T. Mandy. Geologische Untersuchungen in der Umgebung des Hauenstein-Tunnels. *Thèse présentée à la Fac. des Sc. de l'Univ. de Fribourg en Br.*, 1907, 44 p., 1 carte, 1 pl.

109. L. Rollier. Geologische Karte und Profile von der Weissensteinkette. *Mat. cart. géol. de la Suisse*, nouv. série, liv. XXI, p. 148, avec 1 carte au 1 : 25 000 et 1 pl. de profils.

110. H. Schardt. Géologie du cirque de Saint Sulpice. *Arch. Genève*, XXIII, p. 86.

111. J. Weber. Blatt 66 des Siegfried-Atlas, Wiesendangen, geologisch bearbeitet. *Verh. der schweiz. naturf. Gesell.*, et *Eclogæ*, IX, p. 389.

e) Stratigraphie et Paléontologie.

Généralités.

112. L. Rollier. Fossile Faunen der Schweiz. *Dictionn. géogr. de la Suisse*, chapitre « Suisse ».

Trias.

113. F. Schalch. Nachträge zur Kenntniss der Trias vom südöstlichen Schwarzwald. *Mitteil. der grosherz. bad. geol. Landesanstalt*, V, H. 1. 1906.

114. K. Strübin. Mitteilungen über die bei der Herstellung eines Schachtes beim Bahnhof Pratteln durchgefahrenen geologischen Schichten. *Tätigkeitsber. der naturf. Gesell. Baselland*, 1904-1906, p. 93-94.

115. K. Strübin. Geologische Beobachtunhgen im Rheinbett bei Augst. *Tätigkeitsber der naturf. Gesell. Baselland,* 1904-1906, p. 97-100.

Jurassique.

116. Ed. Gerber. Ueber das Vorkommen von Rhät in den Zwischenbildungen des Lauterbrunnenthales. *Mitteil. der naturf. Gesell Bern*, 1907, 3 p.

117. E. Juillerat. Relations entre le Malm du Jura central et celui du canton d'Argovie. *Arch. Genève*, XXIII. 1907, p. 45-68 et 169-205.

118. F. Leuthardt. Ueber Reptilreste aus dem Dogger im Basler Jura. *Tätigkeitsber. der naturf. Gesell. Baselland,* 1904-1906, p. 79-83.

119. F. Leuthardt. Nachtrag zu den Crinoidenbäncken im Dogger der Umgebung von Liestal. *Tätigkeitsber. der naturf Gesell. Baselland,* 1904-1906, p. 84-88.

120. F. Oppliger. Spongien aus dem Argovien des Département du Jura. *Mém. Soc. pal. suisse*, XXXIV, 19 p. 6 pl.

121. L. Rollier. Sur les limites de l'étage callovien dans le Jura suisse et dans l'E. de la France. *VIe Congrès de l'Assoc. franc-comtoise. in Bull. Soc. d'agric., lettres, sciences et arts de la Haute-Saône*, 1907, 16 p.

122. K. Strübin. Die Ausbildung des Hauptrogensteins in der Umgebung von Basel. *Tätigskeitsber. der naturf. Gesell. Baselland*, 1904-1906, p. 88-92.

Crétacique.

123. H. BAUMBERGER. Fauna der unteren Kreide in westschweizerischen Jura. 4. Teil. *Mém. Soc. pal. suisse*, 1907, vol. XXXIV, 48 p., 6 pl.

124. E. BAUMBERGER und ARNOLD HEIM. Paleontologisch-stratigraphische Untersuchung zweier Fossilhorizonte an der Valangien-Hauterivien-Grenze im Churfirsten-Mattstock-Gebiet, mit einigen Bemerkungen über die Stratigraphie der Analogen Schichten der Zentralschweiz von A. BUXTORF. *Mém. Soc. pal. suisse*, 1907, XXXIV, 30 p., 1 pl.

125. ARN. HEIM. Gliederung und Facies der Berrias-Valangien Sedimente in den helvetischen Alpen. *Vierteljahrsschrift naturf. Gesell. Zürich*, LII, 1907, 16 p.

126. ARN. HEIM. Parallélisme des divers faciès berriasiens-valangiens existant dans les chaînes à faciès helvétique. *C. R. Soc. helv. des sc. nat.*, 1907, et *Arch. Genève,* XXIV, 1907, p. 478-480.

127. CH. JACOB. Etudes paléontologiques et stratigraphiques sur la partie moyenne des terrains crétacés dans les Alpes françaises et les régions voisines. *Grenoble*, 1907, 314 p., 6 pl.

128. K. MAYER-EYMAR. Klassificationstabelle der Zentralalpinen unteren Kreide. *Verh. der schweiz. naturf. Gesell.*, 1906, p. 61-62.

129. H. SCHARDT. L'origine de l'asphalte dans le val de Travers. *C. R. soc. neuch. des sc. nat.,* in *Arch. Genève*, XXIII, 1907, p. 611-614.

Tertiaire.

130. C. ESCHER-HESS. Ueber einige Vorkommnisse der oligocänen und miocänen Molasse und Nagelfluh der östlichen Schweiz. *Zürich*, 1907, 44 p., 5 pl.

131. J. FRÜH. Zum Begriff Nagelfluh, speziell löcherige Nagelfluh. *Eclogæ*, IX. p. 408-412.

132. ARN. HEIM. Zur Frage der exotischen Blöcke im Flysch. *Eclogæ*, IX, p. 413-424.

133. C. SCHMIDT und FR. HINDEN. Geologische und chemische Untersuchungen der Tonlagen bei Altkirch im Ober Elsass und bei Allschwyl im Baselland. *Zeitschrift f. prakt. Geol.*, Febr, 1907, 11 p.

134. J. STITZENBERGER. Ueber die Molasse bei Stockach. *Verh. der schweiz. naturf. Gesell.*, 1906, p. 63-64.

135. J. STITZENBERGER. Fossilienlager in der Molasse nächst des Contaktes mit dem weissen Jura bei Stockach. *Eclogæ*, IX, p. 396-399.

136. A. TRŒSCH. Die Cerithienschichten am Hohthürli. *Mitteil. naturf. Gesell. Bern*, séance du 10 mars 1906.

Quaternaire.

137. B. AEBERHARDT. Les terrasses d'alluvions de la Suisse occidentale. *C. R. Soc. helv. des sc. nat.*, 1907, et *Arch. Genève*, XXIV, 1907, p. 482-483.

138. A. BALTZER. Ueber eine Grabenversenkung in glacialen Kiesen. *Mitteil. der naturf. Gesell. Bern*, 1906, p. 96-97.

139. E. BÆCHLER. Die præhistorische Kulturstätte in der Wildkirchli-Ebenalp-Höhle. *Verh. des schweiz. naturf. Gesell.*, 1906. p. 347-420.

140. ABBÉ BREUIL. Une collection d'objets travaillés de l'âge de la pierre taillée. *C. R. Soc. helv. des sc. nat.*, 1907, *Arch. Genève*, XXIV, 1907, p. 472-473.

141. ABBÉ BREUIL. L'évolution de l'art à l'époque du renne. *C. R. Soc. helv. des sc. nat.*, 1907, *Arch. Genève*, XXIV, 1907, p. 473-474.

142. J. BRUNHES. Comment creusent les glaciers. *Le Globe*, org. de la Soc. de géogr. de Genève, XLII[e] Bull., p. 122-127.

143. J. BRUNHES. Interprétation nouvelle de l'érosion glaciaire. *C. R. soc. helv. des sc. nat.*, 1907, *Arch. Genève*, XXIV, 1907, p. 489-490.

144. CH. FALKNER. Vorläufige Mitteilungen aus dem Gebiete des Rheingletscherarmes St. Gallen-Will. *Verh. der schweiz. naturf. Gesell.*, 1906, et *Eclogæ*, IX, p. 382-383.

145. O. FREY. Talbildung und glaciale Ablagerungen zwischen Emme und Reuss. *Neue Denckschriften der schweiz. naturf. Gesell.*, XLI, p. 340-525, 1907.

146. J. FRÜH. Die Bildung der Tösstales. *Verh. der schweiz naturf. Gesell.*, 1906, p. 57-58, et *Eclogæ*, IX, p. 388.

147. J. FRÜH. Ueber Form und Grösse der glazialen Erosion. *Verh. der schweiz. naturf. Gesell.*, 1906, p. 261-307.

148. J. FRÜH. Zur Morphologie von Brunnen-Schwytz. *Eclogæ*, IX, p. 399-407.

149. J. FRÜH. Erratische Blöcke und deren Erhaltung im Thurgau. *Mitteil. thurgau naturf. Gesell.*, XVIII, 17 p.

150. P. GIRARDIN. Le modelé du plateau suisse à travers les quatre glaciations. *Revue de géogr. annuelle*, I, 1906-1907, p. 339-371.

151. P. GIRARDIN. Le surcreusement glaciaire. *C. R. Soc. helv. des sc. nat.*, 1907, *Arch. Genève*, XXIV, 1907, p. 487-489.

152. P. GIRARDIN et F. NUSSBAUM. Sur les formations quaternaires de la Chaux d'Arlier. *C. R. Acad. des Sc. de Paris*, 1907, p. 1073-1075.

153. K. HESCHELER. Ueber die Tierreste aus der Keslerlochhöhle. *Verh. der schweiz. natur. Gesell.*, 1906, p. 220-244.

154. K. HEIERLI. Das Kesslerloch bei Thayngen. *Nouv. Mém. de la Soc. helv. des sc. nat.*, XLIII, p. 1-214, 32 pl. et 14 fig.

155. K. HEIERLI. Die Hallstadtgräber von Schötz. *Bull. sc. suisse*, suppl. aux *Nouv. Mém. de la Soc. helv. des sc. nat.*, I, série *c*, p. 1-4.

156. M. LUGEON. L'ancien glacier de la Grande-Eau. *C. R. Soc. vaud. des sc. nat.*, 5 déc. 1906, *Arch. Genève*, XXIII, p. 207-208.

157. J. MEISTER. Alte Durach und Rhein-Schotter bei Schaffhausen und ihre Grundwasserführung. *Verh. der schweiz. nat. Gesell.* 1906, p. 59, et *Eclogæ*, IX, p. 390-393.

158. J. MEISTER. Die Sammlung erratischer Blöcke im Fäsenstaub (Schaffhausen). *Beil, z. Jahresber. der Kantonsschule Schaffhausen*, 1906-1907, 26 p.

159. FR. MÜHLBERG. Der mutmassliche Zustand der Schweiz und ihrer Umgebung während der Eiszeit. *Verh. der schweiz. naturf. Gesell.*, 1907, p. 91-111.

160. FR. MÜHLBERG. La période glaciaire en Suisse. *C. R. Soc. helv. des sc. nat.*, 1907, *Arch. Genève*. XXIV, 1907, p. 490.

161. J. NÜESCH. Stratigraphie du Schweizersbild et âge des différentes couches de cette station préhistorique. *C. R. XIIIe Congrès d'anthrop. et d'archéol. préhist.*, 1906, 6 p.

162. F. NUSSBAUM. Ueber die Schotter im Seeland. *Mitteil. der naturf. Gesell. Bern*, 1907, 29 p., 1 carte.

163. F. NUSSBAUM. Die Vergletscherung des Sigriswiler Grates. *Jahrb. des S. A. C.*, 1907, p. 365-370.

164. W. SCHMIDLE. Zur geologischen Geschichte des nordwestlichen Bodensees bis zum Maximumstand der Würmeiszeit. *Schriften d. Vereins f. Geschichte des Bodensees*, XXXV, 1906, p. 71-122.

165. W. SCHMIDLE. Ueber den Rückzug des Würmgletschers im nordwestlichen Bodenseegebiet. *Centralbl. f. Min., Geol. u. Pal.*, 1907, p. 257-265.

166. H. SIEGFRIED. Die Rinderschädelfunde von Pasquart und deren Stellung zu den subfossilen und rezenten Rinderrassen, *Mém. Soc. pal. suisse*, XXXIV, 56 p., 4 pl.

167. SIMONSON. Le Kesserloch près de Thayngen (Schaffhouse), nouvelles fouilles et trouvailles, une étude comparative par le Dr Nuesch. *Bull. Soc. d'anthrop. de Bruxelles*, XXIV, 8 p.

168. K. STRÜBIN. Bericht über die Verbreitung erratischer Blöcke im Basler Jura. *Tätigkeitsber. der naturf. Gesell. Basel-land*, 1904-1906, p. 95-96.

f) NÉCROLOGIES ET BIBLIOGRAPHIES.

169. U. GRUBENMANN. Arnold Bodmer-Beder, 1836-1906. *Verh. der schweiz. naturf. Gesell.*, 1906, p. XVI-XIX.

170. ALB. HEIM et L. ROLLIER. Dr Karl Mayer-Eymar, 1826-1907. *Verh. der schweiz. naturf. Gesell.*, 1907, 20 p.

171. W. KILIAN et J. RÉVIL. Notice sur la vie et les travaux de Marcel Bertrand. 23 p.

172. M. LUGEON. Eugène Renevier, 1831-1906. *Actes Soc. helv. des sc. nat.*, 1906, p. LXXXVII-CV.

173. M. LUGEON. Notice nécrologique sur Eugène Renevier. *Bull. Soc. géol. de France*, VII, p. 130-135.

174. L. ROLLIER. Bibliographie géologique de la Suisse. *Mat. carte géol. de la Suisse*, livr. XXIX, 1907, 588 p.

175. F. SACCO. Cenni biografici su Carlo Mayer-Eymar. *Boll. della Soc. geol. italiana*, XXVI, 1907, fasc. 3.

176. CH. SARASIN. Revue géologique suisse pour l'année 1906. *Eclogæ*, IX, p. 595-760.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

D'OCTOBRE 1908

Le 1er, forte rosée le matin.
2, forte rosée le matin.
du 4 au 9, brouillard à 7 h. du matin.
le 11, faible pluie dans la nuit.
12, faible pluie à 9 h. du soir.
13, faible pluie à 7 h. du matin.
14, forte rosée le matin.
les 15, 16 et 17, forte rosée et brouillard le matin.
18 et 19, rosée le matin.
le 21, forte bise depuis 9 h. du soir.
les 22 et 23, forte bise pendant toute la journée.
le 24, bise à 10 h. du matin.
25, légère pluie dans la nuit et à 10 h. du matin ; neige et pluie à 11 h. et pendant la plus grande partie de l'après-midi.
26, neige sur les montagnes environnantes.
27, forte gelée blanche le matin.
28, gelée blanche le matin ; brouillard à 10 h. du matin,
29, brouillard pendant tout le jour.
30, brouillard pendant tout le jour.
31, brouillard le matin.

GENÈVE — OCTOBRE 1908

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.											mm.	
1	33.0	32.6	32.9	32.90	+ 6.04	32.1	34.0	N. 0	N. 1	NW. 0	N. 1	2.1	10	6	0	4	4.6	....	....
2	32.9	31.9	32.0	32.29	+ 5.46	31.1	33.0	NNW. 0	NNW. 1	NNW. 0	calme	1.6	9	2	0	4	3.7	....	....
3	33.0	33.1	34.0	33.06	+ 6.27	32.2	34.8	WNW. 0	N. 1	NW. 0	var.	1.9	9	0	0	2	7.1	....	....
4	35.3	34.5	33.6	34.53	+ 7.77	33.3	35.9	WNW 0	N. 1	N. 0	var.	2.1	10	0	0	3	5.6	....	....
5	32.6	31.5	30.7	31.77	+ 5.04	30.4	33.7	WNW. 0	N. 1	NW. 0	var.	1.8	10	0	0	2	6.7	....	....
6	30.5	31.0	32.5	31.14	+ 4.45	30.5	32.8	S. 1	N. 1	WNW 0	var.	3.5	10	3	0	4	5.2	....	....
7	34.4	34.1	35.0	34.18	+ 7.53	33.2	35.3	WNW 0	N. 1	NNW. 0	var.	2.9	10	1	0	2	7.5	....	....
8	35.0	34.6	33.8	34.38	+ 7.75	33.1	35.2	N. 0	N. 1	WNW 0	var.	2.4	10	0	0	2	6.8	....	....
9	32.5	31.0	29.9	31.30	+ 4.70	29.5	33.6	WNW 0	N. 1	WNW 0	calme	1.6	10	0	0	3	6.1	....	....
10	30.3	29.8	31.6	30.40	+ 3.83	29.6	32.0	W. 0	SW. 1	SSW. 1	var.	2.9	1	3	6	3	8.3	....	....
11	33.6	33.2	32.9	33.05	+ 6.51	32.1	34.3	SSW. 0	NNW. 1	WNW 1	var.	3.3	9	5	1	5	5.1	0.6	1
12	31.9	30.2	30.9	31.27	+ 4.76	29.8	33.0	WNW 0	N. 1	WNW 0	N. 1	2.2	10	1	10	7	5.7	0.7	2
13	31.2	30.9	31.1	31.06	+ 4.58	30.5	31.6	WNW 0	N. 1	N. 1	var.	2.6	10	7	1	7	1.8	0.1	....
14	31.1	29.7	30.1	30.44	+ 3.99	29.3	31.3	WNW 0	N. 1	WNW 0	calme	1.6	1	1	0	1	8.8	....	....
15	29.6	28.4	28.2	28.89	+ 2.47	27.6	30.1	W. 0	NW. 1	W. 0	var.	1.8	10	1	0	2	8.1	....	....
16	28.7	28.0	28.2	28.21	+ 1.81	27.2	29.1	WSW. 1	NNW. 1	NNW. 0	var.	2.2	10	1	0	2	8.6	....	....
17	29.7	29.0	29.5	29.20	+ 2.83	28.3	29.9	W. 0	N. 1	NNW. 0	var.	2.0	10	2	2	4	7.9	....	....
18	29.9	29.2	29.0	29.38	+ 3.03	28.9	30.2	SW. 0	NNE. 1	NNE. 2	NNE. 1	2.9	6	6	0	4	5.1	....	....
19	28.3	27.9	28.7	28.34	+ 2.01	27.8	28.8	NNE. 1	N. 1	NNE. 2	NNE. 1	6.4	10	10	10	10	....	....	....
20	28.0	27.3	28.1	27.91	+ 1.60	26.8	28.8	NNE. 1	N. 1	NE. 1	NNE. 1	7.3	10	10	10	10	....	....	....
21	27.7	27.4	28.5	27.72	+ 1.43	27.0	28.5	ENE. 1	NNE. 1	NNE. 2	var.	7.0	10	10	10	10	....	....	....
22	28.2	28.3	29.0	28.45	+ 2.18	28.0	29.0	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 2	**19.3**	10	10	10	8	....	....	....
23	28.6	28.7	29.2	28.78	+ 2.53	28.2	29.2	NNE. 1	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 2	14.3	10	10	10	10	....	....	....
24	27.2	25.4	24.5	25.95	− 0.29	23.2	28.6	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10.0	10	10	10	10	....	....	....
25	22.2	21.3	22.3	**22.06**	**− 4.16**	**20.8**	23.2	WNW 1	N. 0	SW. 1	var.	1.8	10	10	10	10	....	**6.8**	**5**
26	26.4	27.9	29.1	26.90	+ 0.69	23.5	29.9	SSW. 1	SW. 0	NE. 0	NE. 1	2.7	8	10	0	6	0.9	....	....
27	31.1	32.2	34.7	31.99	+ 5.79	29.3	35.2	E. 0	NE. 0	E. 0	calme	1.2	1	7	0	2	6.3	....	....
28	37.7	37.2	36.8	**36.83**	**+10.65**	35.3	**38.2**	E. 0	SSE. 1	SSE. 0	calme	0.7	9	1	0	3	3.9	....	....
29	36.5	34.8	33.7	35.28	+ 9.11	33.5	36.9	SSE. 1	SSE. 0	SSE. 0	SSE. 1	2.4	10	10	10	10	....	1.0	....
30	33.0	32.0	32.6	32.68	+ 6.51	31.8	33.8	SSE. 1	ESE. 0	SSE. 0	var.	2.0	10	10	10	10	....	....	....
31	33.0	32.0	32.1	32.36	+ 6.20	31.5	33.0	SE. 0	ENE. 0	ESE. 0	calme	1.4	10	10	10	9	0.5	0.4	....
Mois	31.07	30.47	30.81	30.73	+ 4.22							3.80	8.8	5.1	3.9	5.5	124.3	9.6	8

Jour du mois	Température							Fraction de Saturation en %							Tempér. du Rhône		Limnimètre
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Observ.	Ecart avec la normale	Min.	Max.	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Midi	Ecart avec la normale	
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+13.3	+17.5	+12.7	+14.54	+ 2.13	+11.0	+18.4	94	69	94	85	+ 4	46	95	16.5	+ 0.8	1680
2	12.2	18.1	14.2	14.15	+ 1.91	9.6	20.6	96	80	95	90	+ 9	70	97	16.5	+ 0.9	1695
3	13.6	18.7	14 1	**15.24**	+ 3.16	11.7	19.6	93	73	95	87	+ 6	65	99	16.6	+ 1.2	1690
4	11.3	17.5	13.8	13.92	+ 2.01	9.8	19.4	98	77	95	90	+ 9	70	99	....	.....	1675
5	11.0	17.7	12.9	13.99	+ 2.25	9.8	19.8	86	60	93	80	- 1	52	96	16.8	+ 1.6	1685
6	11 0	16.7	11.0	12.76	+ 1.19	7.9	17.4	94	72	94	86	+ 5	61	97	16.5	+ 1.4	1685
7	6.3	15.7	12.8	12.06	+ 0.66	5.8	17.5	96	81	94	88	+ 7	68	98	16.6	+ 1.6	1685
8	10.5	17.5	12.2	13.25	+ 2.02	9.2	19.4	96	70	96	89	+ 7	65	98	16.8	+ 2.0	1675
9	9.5	14.2	11.4	12 09	+ 1.04	8.3	17.4	92	88	95	90	+ 8	68	97	16.6	+ 1.9	1665
10	6.2	21.9	13.7	13.50	+ 2.62	5.4	**22.4**	97	43	75	76	- 6	**40**	97	16.5	+ 1.9	1675
11	12.9	18.6	12.4	14.94	+ **4.23**	11.6	19.0	92	64	90	82	0	60	94	....	.....	1655
12	11.6	16.2	14.5	14.25	+ 3.72	10.4	17.8	95	67	84	82	0	55	96	16.8	+ 2.3	1655
13	12.1	15.8	11.5	13.64	+ 3.28	10.1	17.3	97	81	93	88	+ 6	54	98	16.7	+ 2.4	1655
14	7.2	15.8	10.4	11.62	+ 1 44	6.5	18.0	96	69	87	84	+ 2	50	97	16.5	+ 2.3	1655
15	5.5	15.8	9.7	10.73	+ 0.73	4 7	16.7	98	68	94	87	+ 5	62	98	16.4	+ 2.3	1635
16	5.2	15.3	10.0	10.44	+ 0.61	4.4	17.9	98	74	95	89	+ 7	65	99	16.3	+ 2.3	1635
17	6.0	15.5	11.8	11.22	+ 1.57	5.4	17.0	98	73	92	88	+ 6	68	98	16 3	+ 2.5	1620
18	8.7	16.1	11.0	12.24	+ 2.77	7.7	16.9	94	72	93	87	+ 4	65	95	....	.....	1625
19	10.3	14.7	11.3	11.71	+ 2.42	7.5	15.0	96	74	83	85	+ 2	70	97	16.2	+ 2.8	1605
20	9.1	11.2	8.9	9.98	+ 0.87	8.4	11.8	83	73	81	79	- 4	71	85	15.9	+ 2.6	1605
21	7.8	9.7	7.5	8.28	- 0.65	6.2	10.1	89	83	83	83	0	76	92	15.5	+ 2.3	1590
22	3.8	3.6	3.6	4.02	- 4.73	3.3	6.0	83	77	67	76	- 7	62	85	14 0	+ 1.0	1595
23	2.4	3.8	2.9	3.05	- 5.52	2.0	4.5	76	76	74	**73**	**-10**	65	82	13.1	+ 0.2	1580
24	2.5	4.0	3.6	3.26	- 5.13	2.2	5.0	82	76	70	77	- 6	68	88	13.3	+ 0.5	1555
25	+ 2.8	1.1	1.0	**2.00**	- **6.21**	+ 0.5	4.1	83	95	93	90	+ 7	80	98	....	.....	1535
26	- 0.1	5.4	2.1	2.30	- 5.74	- 0.8	7.3	95	77	95	88	+ 5	64	99	12.8	+ 0.3	1545
27	- 0.6	9.5	4.0	4.18	- 3.68	- 0.8	10.4	98	67	96	88	+ 5	65	100	13.4	+ 1.0	1545
28	0.0	11.1	4.1	4.81	- 2.87	- **1.0**	11.6	98	73	96	91	+ 8	70	99	13.0	+ 0 8	1540
29	+ 1.8	7.0	5.2	4.22	- 3.28	+ 0.5	7.4	96	94	99	97	+14	90	100	13.1	+ 1.0	1505
30	4.2	7.3	5.8	5.70	- 1.62	3.9	7.6	99	94	100	**98**	**+15**	90	100	13.0	+ 1.1	1490
31	+ 4.2	+ 8.1	+ 6.7	+ 6.29	- 0.85	+ 3.9	+ 9.3	98	89	96	94	+11	84	99	12.9	+ 1.1	1490
Mois	+ 7.17	+12.94	+ 9.25	+ 9.82	- 0.06	+ 5.97	+ 14.28	93	75	90	86	+ 3			15.36	+ 1.38	1617

MOYENNES DE GENÈVE. — OCTOBRE 1908

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	32.97	32.71	32.95	33.16	32.39	31.65	32.16	32.77	32.60
2e »	30.17	30.00	30.21	30.38	29.38	28.91	29.36	29.80	29.78
3e »	29.82	29.79	30.14	30.41	29.73	29.28	29.82	30.29	29.91
Mois	30.95	30.80	31.07	31.29	30.47	29.92	30.43	30.93	30.73

Température.

	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re déc.	+10.74	+10.21	+10.49	+14.44	+17.55	+17.88	+15.02	+12.07	+13.55
2e »	10.18	9.67	8.86	13.41	15.50	15.67	12.94	10.38	12.08
3e »	3.39	2.83	2.62	4.52	6.42	6.35	4.98	3.88	4.37
Mois	+ 7.95	+ 7.42	+ 7.17	+10.59	+12.94	+13.08	+10.79	+ 8.62	+ 9.82

Fraction de saturation en %.

1re décade	94	94	94	87	71	71	86	94	86
2e »	92	94	95	82	72	70	84	91	85
3e »	89	90	91	88	82	82	86	87	87
Mois	92	93	93	86	75	75	85	90	86

Dans ce mois l'air a été calme 478 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{76}{9} = 8.44$.

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

		mm
Pression atmosphérique		30.78
Nébulosité		5.9
Température	$\frac{7+1+9}{3}$	+ 9°.79
	$\frac{7+1+2\times9}{4}$	+ 9°.65
Fraction de saturation		86 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér..	(1836-1875).	26.51
Nébulosité..	(1847-1875).	6.9
Hauteur de pluie..	(1826-1875).	101mm.0
Nombre de jours de pluie.	(id.).	12
Température moyenne ...	(id.).	+ 9°.88
Fraction de saturat.	(1849-1875).	83 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	6.0	7.2	7.8	8.2	7.0	5.2	15.0

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	9.4	9.6	8.5	6.4	5.3	7.2

Insolation à Jussy : $139^{h}.2$.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

D'OCTOBRE 1908

Le 11, très fort vent.
12, fort vent et brouillard le soir.
13, brouillard, pluie et neige.
les 25 et 26, très fort vent, pluie et neige.
le 27, brouillard.
le 28, **gel complet du lac dans la nuit du 28 au 29.**

GRAND SAINT-BERNARD — OCTOBRE 1908

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	73.6	73.5	73.6	73.6	+ 7.7	73.3	73.8	NE. 1	SW 1	NE. 2	NE. 1	0	0	0	0	....	...
2	72.8	72.6	73.0	72.8	+ 7.0	72.4	73.4	NE. 1	NE. 1	SW. 2	NE. 1	1	6	0	2	....	....
3	73.8	74.1	74.8	74.2	+ 8.5	73.6	74.9	SW. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	0	1	0	0	....	....
4	75.2	74.8	74.4	**74.8**	+ 9.2	74.0	**75.3**	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
5	72.5	71.9	71.2	71.9	+ 6.3	71.0	73.2	NE. 1	NE. 2	NE. 2	NE. 2	0	0	0	0	....	....
6	70.2	71.5	73.1	71.6	+ 6.1	70.0	73.4	NE. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	1	0	0	0	....	....
7	73.8	74.1	74.8	74.2	+ 8.9	73.6	74.9	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	3	1	0	1	....	....
8	74.5	74.3	73.7	74.2	+ 8.9	72.8	74.7	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
9	71.8	71.0	70.5	71.1	+ 5.9	70.3	73.1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
10	70.0	70.0	71.0	70.3	+ 5.3	69.8	71.3	SW. 2	SW. 2	SW. 2	SW. 2	1	3	4	3	....	....
11	71.4	72.0	72.4	71.9	+ 7.0	70.9	72.6	NE. 2	SW. 3	SW. 3	SW. 3	6	5	1	4	....	....
12	71.6	70.8	71.3	71.2	+ 6.3	70.6	71.8	SW. 3	SW. 4	SW. 4	SW. 4	3	4	10	6	....	....
13	70.6	70.8	70.7	70.7	+ 5.9	70.3	71.0	SW. 2	SW. 1	SW. 2	SW. 2	10	10	10	10	3.7	2
14	69.4	69.3	69.4	69.4	+ 4.7	69.2	69.8	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	5	3	0	3	....	....
15	68.3	68.0	68.2	68.2	+ 3.6	67.8	68.6	SW. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	0	1	0	0	....	....
16	67.9	67.9	68.0	67.9	+ 3.4	67.4	68.1	SW. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	0	2	0	1	....	....
17	68.4	68.7	69.4	68.8	+ 4.4	68.2	69.8	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
18	68.9	68.6	68.5	68.7	+ 4.3	68.3	69.1	NE. 1	NE. 2	NE. 2	NE. 2	0	4	1	2	....	....
19	67.3	66.6	66.5	66.8	+ 2.5	66.3	67.5	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	2	0	0	....	....
20	65.7	64.9	65.4	65.3	+ 1.1	64.7	66.0	NE. 1	SW. 1	NE. 1	NE. 1	0	2	0	0	....	....
21	64.7	64.6	64.6	64.6	+ 0.5	64.3	64.9	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	1	0	0	0	....	....
22	64.1	63.8	63.9	63.9	− 0.1	63.4	64.4	SW. 2	SW. 2	SW. 1	SW. 2	4	2	0	2	....	....
23	63.3	63.7	64.4	63.8	− 0.1	63.0	64.6	SW. 2	SW. 2	SW. 2	SW. 2	0	2	3	2	....	....
24	63.4	62.4	60.6	62.1	− 1.8	60.0	63.6	SW. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	4	10	10	8	....	....
25	57.9	56.5	58.2	**57.5**	**− 6.3**	**56.0**	58.4	SW. 2	SW. 3	SW. 3	SW. 3	10	10	10	10	**29.0**	**22**
26	62.0	63.0	66.5	63.8	+ 0.1	60.5	66.8	SW. 3	SW. 4	SW. 2	SW. 3	10	10	10	10	9 4	8
27	68.4	69.5	71.0	69.6	+ 6.0	68.0	71.8	SW. 2	SW. 2	SW. 1	SW. 2	10	10	10	10	....	....
28	73.1	73.8	74.3	73.7	**+10.2**	72.9	74.5	SW. 1	NE. 1	SW. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
29	73.6	72.9	72.0	72.8	+ 9.3	71.8	74.0	SW. 1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	0	0	0	0	....	....
30	70.6	71.6	70.5	70.9	+ 7.5	70.0	72.0	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
31	70.4	69.7	69.6	69.9	+ 6.5	69.4	70.7	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
Mois	69.33	69.25	69.53	69.37	+ 4.77							2.2	2.9	2.2	2.4	42.1	32

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	+ 6.1	+10.7	+ 7.5	+ **8.1**	+ **6.6**	+ 6.1	+**11.4**	55	55	60	57	48	70
2	5.3	10.4	6.1	7.3	+ 5.9	4.9	11.2	81	80	72	78	64	89
3	4.1	9.0	5.8	6.3	+ 5.1	3.5	10.1	63	51	60	58	46	73
4	4.8	9.8	5.1	6.6	+ 5.5	4.2	10.7	51	41	54	49	32	64
5	3.1	8.8	4.5	5.5	+ 4.6	2.6	9.6	65	37	63	55	29	71
6	5.2	9.1	4.6	6.3	+ 5.5	3.7	9.2	34	36	85	51	**24**	93
7	2.1	7.5	4.8	4.8	+ 4.2	1.6	8.2	84	80	82	82	40	91
8	3.3	9.5	4 4	5.7	+ 5.3	2.8	9.8	62	38	68	56	35	77
9	+ 3.1	7.4	3.3	4.6	+ 4.3	+ 2.7	8.0	52	53	87	64	38	91
10	- 0.5	4.2	2.2	2.0	+ 1.8	- 0.8	4.5	98	50	78	75	40	100
11	+ 1.4	4.8	+ 1.2	+ 2.5	+ 2.4	+ 0.8	5.0	90	45	58	64	38	96
12	- 1.2	+ 1.8	- 0.8	- 0.1	+ 0.1	- 1.5	+ 2.0	70	67	100	79	54	100
13	- 1.2	- 0.9	- 1.0	- 1.0	- 0.7	- 2.4	- 0.1	100	100	100	100	95	100
14	- 1.2	+ 1.3	0.0	0.0	+ 0.5	- 2.0	+ 1.8	100	74	82	85	67	100
15	- 0.4	4.2	+ 1.0	+ 1.6	+ 2.2	- 0.8	4.6	73	55	80	69	48	88
16	0.0	4.8	1.1	2.0	+ 2.8	- 0.2	5.3	82	62	77	74	50	91
17	- 0.6	4.8	1.2	1.8	+ 2.7	- 0.9	5.0	83	56	70	70	49	93
18	+ 1.2	4.7	1.5	2.5	+ 3.6	0.0	5.2	70	74	85	76	58	96
19	+ 0.6	4.8	+ 0.3	+ 1.9	+ 3.1	0.0	4.9	83	56	75	71	52	91
20	- 1.7	2.0	- 1.0	- 0.2	+ 1.2	- 2.4	3.0	94	78	82	85	55	98
21	- 2.8	+ 1.0	- 2.0	- 1.3	+ 0.2	- 3.0	+ 1.4	76	48	70	65	43	81
22	- 2.7	- 0.9	- 3.6	- 2.4	- 0.7	- 4.1	0.0	75	77	78	77	53	89
23	- 4.7	- 2.6	- 5 5	- 4.3	- 2.4	- 5.8	- 1.2	62	68	88	73	56	93
24	- 3.0	- 2.0	- 2.5	- 2.5	- 0.5	- 5.5	- 1.8	74	100	100	91	65	100
25	- 2.6	- 3.2	- 4.0	- 3.3	- 1.1	- 4.3	- 2.2	100	100	100	100	93	100
26	- 6.2	- 5.1	- 3.7	- **5.0**	- **2.7**	- **6.9**	- 3.4	100	100	100	100	95	100
27	- 3.9	- 2.6	- 2.2	- 2.9	- 0.5	- 5.4	- 1.8	100	100	100	100	94	100
28	- 3.9	- 0 2	- 2.5	- 2.2	+ 0.4	- 4.8	0.0	84	64	46	65	30	91
29	- 0.5	+ 3.3	+ 1.7	+ 1.5	+ 4.2	- 0.8	+ 4.8	45	48	47	47	33	76
30	+ 2.6	5.0	1.8	3.1	+ 6.0	- 0.4	5.8	43	35	46	**41**	25	63
31	+ 0.2	+ 3.8	+ 0.4	+ 1.5	+ 4.5	- 0.8	+ 4.6	46	42	50	46	30	68
Mois	+ 0.19	+ 3.72	+ 0.96	+ 1.62	+ 2.10	- 0.64	+ 4.38	74	64	76	71		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — OCTOBRE 1908

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — $0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500^{mm} + — **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	72.82	72.78	73.01	72.87	64	52	71	62
2e »	68.95	68.76	68.98	68.90	84	67	81	77
3e »	66.50	66.50	66.87	66.62	73	71	75	73
Mois	69.33	69.25	69.53	69.37	74	64	76	71

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	+ 3.66	+ 8.64	+ 4.83	+ 5.71	+ 5.49
2e »	— 0.31	+ 3.23	+ 0.35	+ 1.09	+ 0.91
3e »	— 2.50	— 0.32	— 2.01	— 1.61	— 1.71
Mois	+ 0.19	+ 3.72	+ 0.96	+ 1.62	+ 1.46

Dans ce mois l'air a été calme 0 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{43}{103} = 0.42$.

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
	mm	mm	mm	mm
Eau en millimètres.....	28.8	29.0	38.5	42.1
Neige en centimètres....	0cm	16c	34cm	32cm

SUR LES

PROPRIÉTÉS MAGNÉTIQUES

DE LA

MAGNÉTITE CRISTALLISÉE

PAR

Victor QUITTNER

(Suite et fin[1].)

TROISIÈME PARTIE

Recherches théoriques.

Le potentiel d'aimantation.

Les phénomènes si compliqués du magnétisme des cristaux se présentent sous un jour beaucoup plus simple, lorsqu'on prend pour base des considérations le travail nécessaire à l'aimantation. M. Weiss, dans le travail que nous avons mentionné dans l'introduction, a déjà traité la question à ce point de vue.

Si nous supposons que l'aimantation I qu'un corps de volume v acquiert dans un champ H résulte du déplacement de ce corps parallèlement à lui-même depuis une grande distance jusqu'au point considéré du champ, le travail nécessaire sera représenté par

$$A = v \int I_x \, dH_x + I_y \, dH_y + I_z \, dH_z$$

[1] Voir *Archives*, t. XXVI, octobre 1908, p. 358, novembre, p. 455.

Dans ce qui suit, nous ne tiendrons aucun compte des phénomènes d'hystérésis ; l'aimantation sera par conséquent une fonction vectorielle du champ à une variable. Si nous faisons décrire à la substance un cycle quelconque, le travail nécessaire à ce cycle sera égal à zéro, et *le travail de l'aimantation possède par conséquent un potentiel*. Si nous le rapportons à l'unité de volume nous aurons :

$$V = \int I_x \, dH_x + I_y \, dH_y + I_z \, dH_z = \int IH \cos \varphi$$

Si nous connaissons le potentiel en fonction de **H**, nous pourrons facilement déterminer la grandeur et la direction de I pour chaque valeur de **H**, car nous avons en effet :

$$I_x = \frac{dV}{dH^x}$$

L'expression $I_x dH_x + I_y dH_y + I_z dH_z$ devant être une différentielle exacte, cette condition nous conduit comme l'on sait aux équations :

$$\frac{dI_x}{dH_y} = \frac{dI_y}{dH_x}; \quad \frac{dI_y}{dH_z} = \frac{dI_z}{dH_y}; \quad \frac{dI_z}{dH_x} = \frac{dI_x}{dH_z}$$

On pourrait contrôler directement l'exactitude de ces relations au moyen des valeurs mesurées ; mais comme nos mesures ne nous ont pas donné les valeurs des composantes de I et de **H** rapportées à des axes rectangulaires, il est préférable de les ramener à une autre forme.

Lors de nos expériences sur des plaques, le champ était toujours situé dans le plan de la plaque dans lequel nous plaçons les deux axes de coordonnées x et

y. Nous ne pouvons pas admettre d'emblée que I est situé dans ce plan. Soient I' la projection de I sur le plan de la plaque; I_p et I_n les composants parallèle et normale au champ qui résultent de la décomposition de I' en deux composantes parallèle et normale à H. On peut aussi, cela va de soi, décomposer I' en deux composantes I_x et I_y; γ et φ sont les angles que font H et I' avec l'axe fixe des x. Nous avons alors pour le potentiel d'aimantation, en introduisant des coordonnées polaires dans le plan de la plaque :

$$V = I'H \sin(\varphi - \gamma)\, d\gamma + I' \cos(\varphi - \gamma)\, dH.$$

ou

$$V = \int Ip\, dH + \int HI_n\, d\gamma$$

HI_n est le moment de torsion auquel la substance est soumise dans le champ magnétique ; en le désignant comme plus haut par D, nous obtenons pour le potentiel de l'aimantation sous la forme la plus simple :

$$V = \int I_p\, dH + \int D\, d\gamma$$

dV devant être une différentielle exacte, il faut que la condition

$$\frac{dIp}{d\gamma} = \frac{dD}{dH}$$

soit remplie, et nous voyons que *la dérivée partielle de la composante parallèle par rapport à l'angle est égale à la dérivée partielle du moment de torsion par rapport au champ*[1].

[1] M. P. Weiss avait déjà énoncé cette loi dans le travail cité plus haut, mais pour l'aimantation de la pyrrhotine dans le plan magnétique seulement.

Nous pouvons déduire de cette loi un certain nombre de conséquences qui nous montrent la corrélation intime qui existe entre les deux composantes de l'aimantation.

Considérons d'abord une direction du cristal pour laquelle la composante parallèle possède un maximum pour une valeur donnée du champ, c'est-à-dire que sa valeur est supérieure dans cette direction à celle qu'elle a dans des directions voisines. Nous aurons dans ce cas :

$$\frac{d\mathrm{I}p}{d\gamma} = 0 \text{ et par conséquent aussi } \frac{d\mathrm{D}}{d\mathrm{H}} = 0\,;$$

plusieurs courbes proches les unes des autres du moment de torsion en fonction de l'angle doivent se couper aux angles pour lesquels la composante parallèle possède un maximum ou un minimum. Si dans une certaine direction, la composante parallèle possède pour toutes les valeurs du champ un maximum ou un minimum, le moment de torsion, et par conséquent la composante normale, sont égaux à zéro pour toutes les valeurs du champ dans cette direction. Ces directions privilégiées sont celle des diagonales pour les plaques cubiques, et de plus, dans les plaques symétriques, les directions des axes.

Dans le voisinage d'un maximum de la composante parallèle, $\frac{d\mathrm{I}p}{d\gamma}$ est négatif, et par conséquent $\frac{d\mathrm{D}}{d\mathrm{H}}$ l'est aussi ; s'il y a un maximum pour toutes les valeurs du champ, l'expression $\frac{d\mathrm{D}}{d\mathrm{H}}$ sera négative dès les champs les plus faibles ; D sera par conséquent aussi négatif, ce qui veut dire que le moment agit en sens contraire de la rotation. Dans le voisinage d'un maximum pour

toutes les valeurs du champ, le moment de torsion agit dans un sens tel qu'il tend à orienter la substance dans le champ suivant la direction du maximum. La direction du maximum est donc une direction d'équilibre stable, celle du minimum une direction d'équilibre instable. Mais ce que nous venons d'exposer n'est valable que pour les maxima que l'on rencontre à toutes les valeurs du champ ; les maxima qui ne se forment que pour des valeurs élevées du champ, comme c'est le cas pour les plaques cubiques non symétriques, ne sont pas en général une position d'équilibre, le moment de torsion, et la composante normale, ayant des valeurs différentes de zéro.

Si dans le voisinage d'un zéro de la composante normale, et à partir d'une valeur déterminée du champ, la valeur absolue du moment de torsion diminue au lieu d'augmenter, sans que la position du zéro se soit déplacée, cela signifie que le maximum de la composante parallèle qui se trouvait là s'est transformée en un minimum, ou *vice versa*. Car le signe de $\frac{dD}{dH}$ a changé et par conséquent également celui de $\frac{dIp}{d\gamma}$ le phénomène est facile à constater sur celle des diagonales de la plaque cubique asymétrique qui correspond d'abord à un maximum de l'aimantation puis à un minimum. Les plaques cubiques dans des champs élevés, nous donnent un exemple encore plus intéressant. Considérons les valeurs du moment de torsion au tableau VI et à la fig. 12 (en bas) qui lui correspond. Il est facile de reconnaître qu'à partir de $H = 596$ gauss, la valeur absolue du moment de torsion diminue dans le voisinage des axes principaux à 0° et 90°.

Il faut par conséquent que le minimum qui existait là se soit transformé en un maximum, il faut également que deux nouveaux petits maxima se soient formés des deux côtés comme cela est figuré à la fig. 23. On voit, d'après la forme des trois courbes supérieures des D, comment les petits minima secondaires s'éloignent de la direction de l'axe lorsque le champ augmente, et l'on peut supposer que pour des champs encore plus élevés, il se produira une inversion complète, de telle sorte qu'alors les maxima de l'aimantation sont situés sur les axes et les minima sur les diagonales. Quelques expériences rapportées plus loin ont effectivement confirmé cette conclusion. De cette manière, la composante normale nous permet de tirer des conclusions relatives à la forme des courbes d'aimantation, et d'établir des différences que l'observation directe ne permettrait pas de mesurer à cause de leur faible valeur.

Si la substance est saturée ou voisine de la saturation, la valeur I est presque la même dans toutes les directions, et par conséquent on aura $\frac{d\mathrm{I}p}{d\gamma} = 0$ et aussi $\frac{d\mathrm{D}}{d\mathrm{H}} = 0$. Dans le voisinage de la saturation, le moment de torsion se rapproche d'une valeur limite fixe, qui en général sera différente de zéro ; la composante normale elle-même doit par conséquent être inversement proportionnelle au champ. Le tableau IV et la fig. 12 et 13 montrent que l'expérience confirme pleinement ces conclusions.

Produisons l'aimantation de la substance en laissant invariable la direction du champ ; nous aurons :

$$\mathrm{V} = \int \mathrm{I}p \, d\mathrm{H}.$$

La fig. 23 (côté gauche) montre la surface OAB_1 (stries horizontales) qui correspond à V, pour une direction γ_1 du champ à laquelle se rapporte la courbe d'aimantation $OB_1\ C_1\ D_1\ E_1$. Considérons maintenant une autre direction γ_2 de H pour laquelle $OB_2\ C_2\ D_2\ E_2$ représente la courbe de la composante parallèle. En montant jusqu'à la même valeur du champ OA, la surface OAB_2 nous donnera le potentiel d'aimantation ; soit V_2 ce potentiel et V_1 celui qui correspond à la première courbe. La surface $OB_1\ B_2$ (stries verticales) nous repré-

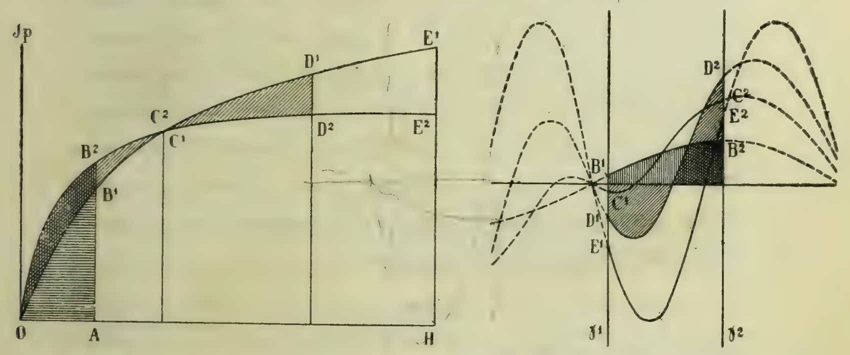


Fig. 23. Relations entre les deux composantes de l'aimantation ; à gauche composantes parallèles en fonction du champ (courbes d'aimantation) ; à droite couple exercé par le champ sur la substance en fonction de la direction du champ.

sente la différence V_2-V_1. Nous aurions également pu arriver à l'état de la substance représenté par B_2 en aimantant d'abord sur la courbe 1 jusqu'en B_1 puis en faisant tourner le champ, maintenu constant, dans la direction correspondante sur la courbe 2. Le travail de la rotation est donc :

$$V_2 - V_1 = \int_{\gamma_1}^{\gamma_2} D d\gamma.$$

On peut également déduire directement cette intégrale du moment de torsion des courbes qui s'y rapportent. La fig. 23 (partie de droite) donne la surface correspondante, couverte de stries verticales. Si les échelles se correspondent les deux surfaces à stries verticales doivent être égales.

Nous avons exécuté sur la plaque VI qui est celle pour laquelle les courbes ont été mesurées le plus exactement une série de mesures d'aires avec le planimètre pour contrôler cette relation. Nous avons négligé pour les courbes d'aimantation, comme pour les courbes du moment de torsion, la correction relative à la désaimantation ; il nous a paru que nous aurions moins de chances d'erreur en nous servant des courbes non corrigées, la relation devant d'ailleurs avoir lieu dans l'un et l'autre cas. Le tableau suivant donne quelques-uns des résultats obtenus ; les potentiels sont exprimés en erg. /cm ^{3}.

Champ	Potentiel Valeur moyenne pour les deux		Différence entre le potentiel dans la direction des axes (moyenne) et celle des diagonales (moyenne) calculée par :	
	axes	diagonales	les courbes d'aimantation	les couples de torsion
208.6	52100	57500	5400	5430
298	87300	96900	9600	9420
596	212000	232400	20400	20200
1490	638000	663200	25200	25300
2805	1300000		—	28100

La concordance est aussi bonne que possible.

Lorsque deux courbes d'aimantation qui se rapportent à différentes directions se coupent en un point (fig. 23, gauche) la surface située entre ces deux courbes doit être considérée, à partir du point de

rencontre, comme ayant un signe contraire à celui qu'elle possédait auparavant. La nouvelle surface est par conséquent à déduire de celle qui existait, et la différence des potentiels pour des H égaux diminue. Au point d'intersection la courbe supérieure (2) possédait jusque là le potentiel le plus élevé et la différence y était un maximum. A partir de ce point elle diminue, pour passer par zéro et devenir enfin négative ; c'est alors la courbe 1 qui possède le potentiel le plus élevé.

Ce renversement aura lieu lorsque la surface comptée négativement depuis le point d'intersection sera devenue égale à la surface comptée positivement jusqu'à ce point, soit environ au point D_1 D_2 de la fig. 23.

Si nous dessinons les courbes du moment de torsion pour différentes valeurs de H (fig. 23 à droite), la surface striée comprise entre ces courbes et l'axe des abscisses, qui représente la différence de potentiel, doit croître jusqu'au point d'intersection des deux courbes d'aimantation (courbe C_1 C_2, à droite) ; à partir de cette valeur de H elle diminue, et pour le champ qui correspond aux points D_1 D_2 elle est égale à zéro (surfaces à stries inclinées, des deux côtés de la fig. 23). Elle devient ensuite négative ; il s'est produit un renversement de l'onde représentant le moment et par conséquent aussi de celle qui représente I_n. Ce renversement ne se produit que bien plus loin que l'intersection des deux courbes d'aimantation, qui correspond à un renversement de l'onde de la composante *parallèle*. La composante normale exerce donc une influence sur tous les changements de la composante parallèle, mais seulement pour des valeurs élevées du champ et avec un certain retard; la composante normale est à la com-

posante parallèle ce qu'un quotient différentiel est à son intégrale, ou ce que la vitesse est à l'espace parcouru etc. Lorsqu'un corps se meut en ligne droite, et que sa vitesse change de sens, le corps doit d'abord refaire tout le chemin parcouru en sens inverse avant que l'espace parcouru change de sens à son tour.

Nous pouvons en partant de ce principe, comprendre la manière dont les plaques octaédriques se comportent dans des champs élevés. Nous savons que pour une valeur de H égale à 200 environ, les ondes de la composante parallèle changent de sens, ou, ce qui revient au même, que les courbes de l'aimantation correspondant aux projections des axes et aux côtés du triangle se coupent pour cette valeur du champ. Il doit en résulter un changement de sens de la composante normale, comme nous pouvons par exemple le constater pour la plaque I,3 (fig. 16) pour H = 350-400 gauss. Le changement de sens pour la composante normale a lieu beaucoup plus tard que pour la composante parallèle, comme cela doit d'ailleurs être le cas d'après ce que nous avons exposé. Il nous est facile maintenant de comprendre pourquoi le renversement de la composante normale est quelquefois incomplet, mais pas celui de la composante parallèle : en effet, le renversement de la composante normale n'a lieu que lorsque la surface comprise entre les deux courbes d'aimantation après leur point d'intersection est devenue égale à la même surface avant ce point ; mais les différentes courbes ne se trouvent pas au même niveau à cause de l'écart considérable entre la symétrie des plaques octaédriques et celles du système cubique, les surfaces ne sont par

conséquent pas égales, et le champ pour lequel la surface est la même avant et après l'intersection a une valeur différente pour chaque paire de courbes, et par conséquent pour chacune des trois ondes. Si la surface est constamment plus petite après l'intersection qu'avant, il n'y a pas de renversement de l'onde correspondante de la composante normale. Ce renversement partiel explique toutes les formes remarquables que prennent les courbes de la composante normale dans des champs élevés.

La structure de la Magnétite.

Nous avons appris à connaître dans ce qui précède les propriétés magnétiques de la magnétite cristallisée et les relations qui existent souvent entre elles ; nous allons examiner maintenant si ces propriétés nous permettent de tirer quelques conclusions sur la structure moléculaire de la magnétite. M. Weiss, dans son travail en a déjà donné la conception qui se présente le plus immédiatement à l'esprit : la substance serait composée de matière magnétique et non magnétique (vide ?) de telle façon que les éléments magnétiques (molécules ou groupes de molécules) formeraient un réseau cubique, dans le genre de ceux dont on considère souvent qu'un cristal cubique est formé. Les éléments mêmes auraient les propriétés d'une matière isotrope. On peut tout aussi bien supposer que la matière magnétique est ordonnée en lignes parallèles aux trois axes ; le cristal serait ainsi parcouru par trois systèmes de fils de matière magnétique, perpendicu-

laires les uns aux autres ; on pourrait supposer encore une masse magnétique avec un réseau cubique de matière non magnétique. Chacune de ces trois hypothèses implique la présence de trois champs démagnétisants égaux dans la direction des trois axes et donne une explication complète des propriétés magnétiques de la magnétite cristallisée, pour autant du moins qu'elles se rapportent à la symétrie du système cubique.

Nous avons démontré dans la partie expérimentale de ce mémoire que la plupart des cristaux de magnétite ne possèdent pas la symétrie cubique ; il faut donc, en ce qui les concerne modifier la théorie. De plus, il faut considérer d'autre part, que, pour expliquer les propriétés magnéto-cristallines, nous avons supposé que chacun des éléments du cristal possédait les propriétés magnétiques d'un corps isotrope, avec sa courbe d'aimantation, son hystérésis, etc. Nous voudrions, au contraire, dans ce qui suit déduire les propriétés des substances isotropes de celles du cristal.

La pyrrhotine normale, dont nous avons exposé les propriétés dans l'introduction, nous montre comment nous pouvons arriver à cette conception. S'il était possible d'expliquer d'une manière analogue les propriétés magnétiques de la magnétite, cela nous fournirait un argument sérieux à l'appui de l'hypothèse que toutes les substances ferromagnétiques sont composées de cristaux élémentaires comme ceux de la pyrrhotine et de la théorie de Weiss d'après laquelle la saturation est atteinte pour les valeurs les plus faibles du champ pour chaque cristal élémentaire d'une substance ferromagnétique. Nous allons donc étudier tout spécialement les deux points suivants : comment on

peut expliquer les différences qui existent entre la symétrie cubique et celle de la magnétite et considérer les cristaux de magnétite comme formés d'éléments dont chacun est aimanté à saturation dans une direction déterminée dès les valeurs les plus faibles du champ.

Examinons d'abord quelles peuvent être les causes auxquelles il faut attribuer *les différences d'avec la symétrie du système cubique*. Quant on voit avec combien peu de régularité le phénomène qui nous occupe se retrouve sur les différentes plaques, on serait tenté de dire qu'il ne s'agit pas de propriétés véritables du cristal, mais qu'il ne s'agit que d'erreurs qui proviennent peut être de la forme peu exacte des plaques. Cette supposition ne peut cependant être exacte pour plusieurs raisons. D'abord, pour pouvoir expliquer les très fortes aberrations pour les valeurs faibles du champ, il faudrait supposer des irrégularités des plaques que leur bonne exécution rend inadmissibles. En second lieu nous avons observé les mêmes phénomènes (peut-être d'une manière un peu moins régulière) pour des plaques endommagées accidentellement et l'on a pu se rendre compte que la forme des courbes s'était à peine altérée dans une deuxième observation après l'accident, ce qui veut certainement dire que pour des plaques d'aussi faible épaisseur, l'influence d'une forme peu exacte n'est pas très grande. Enfin, puisque toutes les plaques provenant des cristaux IV et V présentent des différences analogues avec la symétrie du système cubique, il faut admettre qu'il ne s'agit pas d'un phénomène accidentel, comme le prouve d'ailleurs la concordance souvent remarquable de plaques parallèles. (Plaques octaédriques fig. 15).

La différence entre la symétrie de la magnétite et celle du système cubique doit donc bien être considérée comme une propriété de ce minéral, mais cette propriété varie d'un point à l'autre pour un même cristal de telle sorte que des plaques taillées parallèlement les unes aux autres se comportent parfois différemment (plaques VI,1 et VI,2). La magnétite présente sous ce rapport beaucoup d'analogie avec la pyrrhotine dont la symétrie s'écarte différemment d'un point à l'autre du même cristal de la symétrie hexagonale.

Trois hypothèses se présentent pour expliquer le phénomène qui nous occupe : 1° nous avons affaire à une modification du réseau cubique, 2° le cristal possède bien la symétrie cubique, l'aberration est dûe à une stratification spéciale des cristaux élémentaires 3° le cristal est composé de quantités variables de différents cristaux élémentaires.

La première hypothèse est inadmissible. On pourrait cependant être tenté de remplacer le réseau cubique par un réseau composé de parallélipipèdes rectangles ce qui reviendrait à supposer que la distance qui sépare les molécules est différente pour les trois axes. La symétrie cubique se réduirait alors à la symétrie orthorhombique ; mais les courbes d'aimantation devraient être différentes pour les trois axes, et semblables pour les deux diagonales d'une face du prisme ; or c'est précisément le contraire qui a lieu. En outre, la composante normale devrait se comporter d'une manière précisément inverse à la réalité (loi du potentiel d'aimantation). Mais si l'on modifie les angles droits du cube en étirant les carrés pour en faire des losanges, toute espèce de symétrie disparaît, le cristal se rattache au système

anorthique. On n'arrive donc pas au résultat cherché en modifiant le réseau cubique, et l'on voit que la conception d'un réseau simple ne suffit pas pour expliquer les propriétés de la magnétite.

La seconde hypothèse au contraire nous donne une explication complète des propriétés de la magnétite. Nous admettons que le cristal élémentaire est cubique, et qu'il possède les propriétés des plaques dont la symétrie est cubique. Le cristal doit être formé d'éléments (qui eux-mêmes sont composés de nombreuses molécules disposées selon un réseau) stratifiés parallèlement aux faces de l'octaèdre. Le cristal tout entier serait donc traversé par quatre systèmes de failles, parallèles aux quatre faces de l'octaèdre. Cette structure expliquerait en même temps le clivage parallèle aux faces de l'octaèdre, tel que le présentaient les cristaux de Brozzo et de Traverselle. Les systèmes de failles engendrent naturellement des champs démagnétisants, qui sont dirigés parallèlement aux deux diagonales pour les plaques cubiques. Si les quatre systèmes sont égaux, le cristal possède de nouveau la symétrie cubique; s'ils sont inégaux, les champs démagnétisants ne sont pas les mêmes pour les deux diagonales d'une plaque cubique, de telle sorte que les courbes d'aimantation doivent différer l'une de l'autre. Les axes, au contraire, par raison de symétrie, ont toujours des courbes d'aimantation semblables. On peut donc, comme l'on voit, expliquer de cette manière les propriétés de nos plaques.

Si nous considérons maintenant la troisième hypothèse d'après laquelle un cristal de magnétite est composé de différents cristaux élémentaires orientés diffé-

remment, nous pouvons supposer que nous avons trois cristaux élémentaires qui possèdent chacun sur une face cubique un plan magnétique dans le genre de celui de la pyrrhotine. Si nous supposons que le cristal élémentaire est isotrope dans le plan magnétique, il faut, pour faire tourner I hors du plan vaincre un champ démagnétisant perpendiculaire au plan, et proportionnel à la composante de I normale au plan.

Il est facile de reconnaître que cette hypothèse n'est pas suffisante ; en effet, si tous les éléments existent en quantités égales, le cristal possèdera la symétrie cubique ; si les quantités sont inégales nous arrivons à une symétrie orthorhombique semblable à celle du premier cas, qui, comme nous l'avons dit conduit à des résultats qui sont en désaccord avec les expériences.

Cependant si nous modifions la théorie et renonçons à l'isotropie dans le champ magnétique, nous pouvons expliquer les phénomènes en attribuant à chaque cristal élémentaire une direction d'aimantation la plus facile qui coïncide avec l'une des diagonales de la face du prisme. Un champ démagnétisant d'environ 20 gauss doit s'opposer à la rotation vers l'autre diagonale ; un champ beaucoup plus élevé de quelques centaines de gauss doit s'opposer à la rotation hors du plan magnétique. Mais comme il y a deux diagonales pour chaque face du cube, nous aurons six cristaux élémentaires, possédant deux par deux le même plan magnétique. Pour expliquer la symétrie cubique pour des champs plus élevés, nous devons supposer que ces trois groupes sont représentés par quantités égales ; pour expliquer les aberrations dans des champs faibles, il faut supposer que

les deux cristaux élémentaires dont le plan magnétique est le même ne se trouvent pas en quantités égales. Il est donc possible d'expliquer ainsi tous les résultats expérimentaux, mais les hypothèses qu'il faut faire pour cela sont très compliquées, et doivent être considérées comme très invraisemblables.

On pourrait essayer encore de poser comme principe que le cristal est composé de quatre éléments dont les plans magnétiques coïncident avec les quatre faces de l'octaèdre. Cette hypothèse, que le clivage octaédrique semble confirmer, expliquerait la non équivalence des deux diagonales des faces du cube si nous supposons que les éléments ne sont pas en quantités égales.

Mais cependant, nous sommes obligés d'y renoncer, car, quelle que soit la forme que nous donnions à la courbe d'aimantation primaire (dans le plan magnétique) et la valeur que nous attribuions au coefficient de désaimantation (perpendiculairement au plan) nous n'arrivons jamais à obtenir des courbes d'aimantation pour les axes et les diagonales des faces du cube qui aient le caractère des courbes résultant des expériences. La différence entre les axes et les diagonales, c'est-à-dire l'anisotropie, serait toujours beaucoup plus faible qu'en réalité.

Il ne semble pas que l'on puisse faire d'autres hypothèses simples sur la structure de la magnétite au moyen de cristaux élémentaires.

Nous allons examiner maintenant s'il est possible de faire concorder les propriétés de la magnétite avec la théorie de Weiss du ferromagnétisme, d'après laquelle il y a une direction ou un plan du cristal simple pour

lesquels la saturation a lieu même avec une valeur nulle du champ. Examinons d'abord à cet effet les propriétés du cristal simple : Soit dans la fig. 24 l'axe horizontal la direction de l'aimantation facile, l'axe vertical celle de l'aimantation difficile : la première se trouve dans le plan magnétique qui est perpendiculaire au plan de la figure. Soit γ l'angle que fait la direction du champ H avec le plan magnétique, et φ celui de l'aimantation I avec ce plan. I a pour toutes les valeurs du champ la valeur de saturation I_{max} ; il n'y a que sa direction qui varie en ce sens qu'elle sort

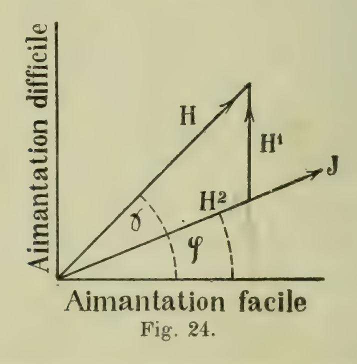


Fig. 24.

toujours plus du plan magnétique, à mesure que le champ augmente, pour se rapprocher de la direction du champ. Décomposons le champ H en une composante H_1 perpendiculaire au plan magnétique, qui surmonte le champ de désaimantation NI_{max} sin φ qui agit dans cette direction, et en une seconde composante H_2, de grandeur quelconque qui a la même direction que l'aimantation.

La grandeur de cette composante n'importe pas, parcequ'il suffit d'un champ infiniment faible H_2 pour amener la saturation. Cherchons d'abord comment,

dans ces conditions, on peut calculer la composante de I parallèle à H (soit la courbe d'aimantation) pour un angle du champ déterminé γ.

La loi du sinus nous donne la relation :

$$H = H_1 \frac{\cos \varphi}{\sin (\gamma - \varphi)}$$

ou puisque

$$H_1 = NI_{max} \sin \varphi = E \sin \varphi$$

nous obtenons :

$$H = E \frac{\sin 2 \varphi}{2 \sin (\gamma - \varphi)}$$

Pour la composante parallèle de l'aimantation nous obtenons simplement :

$$Ip = I_{max} \cos (\gamma - \varphi)$$

Ces formules permettent de calculer pour un angle donné γ les valeurs successives correspondantes de H et de Ip pour des valeurs quelconques de φ ; l'on obtient ainsi la courbe d'aimantation dans la direction correspondante. On peut d'ailleurs résoudre facilement ce système d'équation par rapport à H ; cependant l'expression explicite en est moins commode à appliquer.

Les équations relatives à Ip et H nous permettent les constatations suivantes : Si $\gamma = o$, φ sera aussi $= o$ et Ip a pour tous les champs la valeur I_{max}. Si $\gamma = 90°$ on aura :

$$H = E \sin \varphi \,;\; Ip = I_{max} \sin \varphi \text{ et par conséquent } Ip = \frac{H}{E} I_{max}$$

Pour $H = E$ c'est-à-dire pour une valeur finie de H, la saturation est atteinte. Pour toutes les autres

valeurs de γ, la valeur de Ip s'approche indéfiniment de la saturation sans jamais l'atteindre à mesure que le champ augmente.

Nous allons appliquer maintenant ces résultats à la magnétite, et comparer entre elles les hypothèses que l'on peut faire sur sa structure. L'hypothèse d'une structure octaédrique ne pouvant être admise, il n'en reste que deux en présence, qui toutes deux se basent principalement sur une structure selon les axes principaux. Nous considérerons d'abord l'hypothèse d'après laquelle un cristal de magnétite est composé de six cristaux élémentaires qui possèdent deux par deux le même plan magnétique dans les différentes faces du cube. Si nous négligeons les champs faibles, les différences dans le plan magnétique même disparaissent et deux éléments dont le plan magnétique est le même se comportent de même. Il suffit donc pour des champs élevés d'admettre trois cristaux élémentaires, dont les plans magnétiques coïncident avec les faces du cube. L'autre hypothèse qui considère la différence d'avec la symétrie cubique comme résultant d'un système de failles microscopiques ou ultramicroscopiques, mais pas moléculaires peut facilement être mise en accord avec la théorie de Weiss si l'on se représente que les éléments cubiques symétriques, situés entre les failles sont formés chacun de trois cristaux élémentaires, répartis en quantités égales, dont les plans magnétiques coïncident aussi avec les faces du cube. Les deux hypothèses ne diffèrent alors plus que par ce que les différences d'avec le système cubique sont considérées dans l'une comme inhérentes aux cristaux élémentaires eux-mêmes, dans l'autre comme ayant

une origine extérieure à ces cristaux. Le résultat est presque le même dans les deux cas, ce qui fait qu'il est difficile de les différencier expérimentalement.

Quelle va être la forme pour des champs élevés, d'après ces deux hypothèses, de la courbe d'aimantation pour différentes directions, mais surtout pour les deux plus importantes, celles des axes et des diagonales des faces du cube ?

L'axe est contenu dans deux plans de symétrie ; les $^2/_3$ de la masse du cristal devraient donc dès le début être aimantés à saturation. Pour le troisième cristal élémentaire, $\gamma = 90°$ et l'aimantation augmente à partir de zéro proportionnellement avec le champ pour atteindre la saturation lorsque $H = E$. La courbe résultante de l'aimantation commence donc pour $H = 0$ avec une valeur égale aux $^2/_3$ de l'aimantation à saturation ; elle monte ensuite suivant une droite pour atteindre la saturation pour $H = E$ (fig. 25 gauche). Au contraire, pour la diagonale, la saturation est atteinte dès le début pour le $^1/_3$ de la substance ; pour les $^2/_3$ on a $\gamma = 45°$; si l'on déduit, par la méthode que nous avons indiquée, la courbe d'aimantation, on obtient la courbe figurée à la fig. 25 qui commence avec une

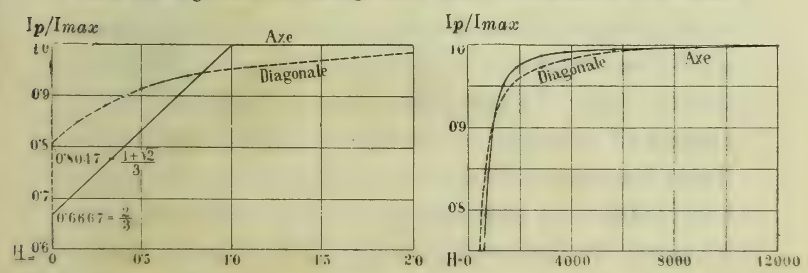


Fig. 25. Courbes d'aimantation pour les axes (quaternaires) et les diagonales (axes binaires). A gauche courbes théoriques, à droite courbes mesurées.
———— axes, — — — diagonales.

valeur de $I_p = 0,8047\ I_{max}$, et qui à mesure que le champ augmente se rapproche asymptotiquement de la saturation.

Les courbes que l'on obtient ainsi ont peu de rapport avec les courbes résultant des expériences, mais si nous tenons compte de champs de désaimantation, produits par les failles hypothétiques parallèles aux faces de l'octaèdre, les courbes s'affaissent sur tout leur parcours et l'on peut se représenter qu'elles se rapprochent des courbes expérimentales. Les courbes d'aimantation des axes qui résultent des mesures présentent en effet entre H = 150 et 400 gauss une portion presque rectiligne, qui correspond à la partie ascendante de la courbe théorique. En la prolongeant jusqu'à l'axe des ordonnées, on arrive au point I = 280 ; théoriquement on devrait avoir $^2/_3\ I_{max} = 321$. La différence doit être attribuée à la dépression déjà signalée de toute la courbe.

La courbe de la diagonale est située au-dessus de la courbe de l'axe, comme cela doit-être. Mais on voit (fig. 25) que les courbes théoriques se coupent, de telle sorte que, pour les champs élevés, la courbe des axes est au-dessus de celle des diagonales. Pour voir si ce phénomène se produit réellement, nous avons étudié les baguettes provenant du cristal I et mentionnées dans l'introduction, dans des champs allant jusqu'à 12.000 gauss au moyen de la méthode balistique. Nous avons employé des baguettes de préférence à des plaques en raison du peu de place existant entre les pôles de l'aimant. La fig. 25 (à droite) donne les courbes obtenues pour une baguette parallèle à la diagonale et pour une autre parallèle à l'axe. Ces

deux courbes présentent un point d'intersection, comme la théorie le faisait d'ailleurs prévoir. Les résultats obtenus avec d'autres baguettes ne furent cependant pas si concluants, et l'on ne saurait affirmer que l'existence de ce point d'intersection soit démontrée. L'aimantation des baguettes ne se rapprochait que très lentement (asymptotiquement) de la saturation, ce qui semble bien prouver qu'il existe des champs intérieurs de désaimantation qui forment avec les axes et les diagonales un angle oblique, comme cela découle des suppositions que nous avons faites.

Des deux hypothèses que nous avons émises, et qui seules cadrent avec les résultats expérimentaux, celle qui admet une structure avec six cristaux élémentaires semble bien compliquée pour être vraisemblable. L'autre, par conséquent, doit selon toute probabilité expliquer la structure de la magnétite telle qu'elle est en réalité. La magnétite serait donc composée de parties égales de trois éléments dont les plans magnétiques sont perpendiculaires les uns aux autres. Les molécules sont ordonnées de façon à former trois systèmes de plans équidistants, normaux les uns par rapport aux autres et ménageant entre eux des carités cubiques. Cette magnétite idéale serait coupée par quatre systèmes de failles parallèles aux faces de l'octaèdre en une quantité de petits octaèdres qui contiennent probablement chacun beaucoup de cubes moléculaires. La fig. 26 donne un schéma de cette structure ; à gauche on voit deux plaques cubiques, à droite une plaque octaèdrique. Si les quatre systèmes de failles sont égaux, le cristal possède la symétrie cubique (fig. 26 gauche), il s'en

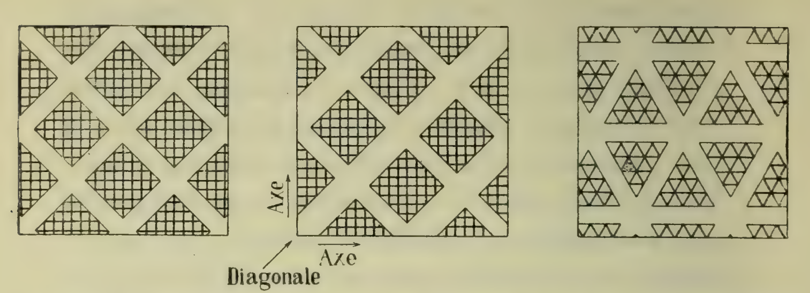


Fig. 26. Modèle montrant la structure probable de la magnétite cristallisée. A gauche surface du cube, symétrie cubique ; au milieu surface du cube, symétrie orthorhombique ; à droite surface de l'octaèdre, symétrie cubique.

écarte au contraire si certains systèmes de failles sont plus larges que les autres (milieu de la fig.) on voit d'emblée que cette aberration ne peut avoir lieu que d'une manière pour les plaques cubiques, et de beaucoup de manières différentes au contraire pour les plaques octaédriques, ce qui nous explique les différences considérables constatées entre ces différentes plaques. Lorsque les failles sont parallèles aux faces de l'octaèdre, les courbes mesurées restent inférieures aux courbes théoriques, surtout pour de faibles valeurs du champ (fig. 25), aussi bien pour les cristaux à symétrie régulière que pour ceux qui sont asymétriques. Nous pouvons admettre que dans un cristal de magnétite idéal, sans failles, l'aimantation atteint la saturation même pour les champs les plus faibles, comme pour les cristaux élémentaires de pyrrhotine.

SUR
QUELQUES PROPRIÉTÉS ET RÉACTIONS
DES HUILES ESSENTIELLES

PAR

L. DUPARC

AVEC LA COLLABORATION DE

A. MONNIER

Ayant été chargé par le tribunal de Genève, d'un rapport d'expertise sur les absinthes et leurs imitations, j'ai eu l'occasion d'entreprendre une série de recherches sur les méthodes d'identification des huiles essentielles contenues dans ces liqueurs. Le présent travail a pour but de faire connaître quelques résultats intéressants obtenus au cours de ces recherches ; il a été communiqué à la Société de Physique de Genève dans sa séance du 4 juin ; une partie des expériences citées a été faite au mois de mai, devant une délégation du tribunal. M. Monnier, professeur à l'Ecole d'horticulture, a bien voulu refaire séparément, comme contrôle, toutes mes expériences sur les essences ; j'ai, postérieurement à la remise de mon rapport d'expertise, continué avec lui certaines recherches sur l'identification de la thuyone ; les résultats de ces recherches nouvelles sont également consignés dans ce travail.

A. *Pouvoir émulsionnant des essences.*

Lorsqu'on ajoute une quantité d'eau déterminée aux dissolutions alcooliques de certaines essences, celles-ci précipitent et il se forme une émulsion.

On peut, dans la formation de celle-ci, envisager trois phénomènes différents qui sont :

1° La quantité d'eau nécessaire pour faire apparaître un léger trouble dans un volume déterminé de la liqueur primitivement claire ; c'est ce qu'on pourrait appeler le *point de trouble.*

2° La quantité d'eau nécessaire pour émulsionner complètement la dissolution alcoolique de l'essence ; c'est ce qu'on pourrait appeler le *coefficient d'émulsion.*

3° L'opacité de l'émulsion toute préparée et complète ; c'est le *degré de trouble* proprement dit.

Ces trois notions ont une signification distincte ; elles ont cependant souvent été confondues, et comme le degré de trouble a quelquefois servi de critère pour identifier certaines solutions alcooliques d'essences, nous avons pensé qu'il était intéressant d'entreprendre quelques expériences nouvelles pour fixer la valeur des trois coefficients indiqués. Il est bien évident que ces valeurs dépendent de la richesse initiale des solutions en alcool et en essences ; nous avons toujours expérimenté avec des solutions à deux pour mille dans de l'alcool à 60 degrés, nos recherches ont porté sur les essences suivantes : grande absinthe, cumin, tanaisie, menthe, fenouil, badiane, hysope, coriandre et anis, puis aussi snr la thuyone, principe actif des essences

d'absinthe et de tanaisie. Nous opérons comme suit : 10 centimètres cubes de chaque solution sont introduits dans un cylindre en verre mince, de 2 centimètres de diamètre, bouché à l'émeri. Avec une burette normale, on laisse couler goutte à goutte de l'eau distillée, jusqu'à l'apparition d'un léger trouble persistant. Le volume d'eau écoulé est noté, il fournit le premier coefficient, soit le point de trouble. On laisse ensuite couler à nouveau de l'eau distillée jusqu'à formation du trouble complet. Cette opération qui exige une série de tâtonnements successifs, se fait ainsi : on ajoute tout d'abord de l'eau de façon à obtenir un trouble qui paraît aussi complet que possible, puis on agite l'émulsion avec un mélange de magnésie et de talc, et on filtre. Au liquide filtré qui doit être clair, on rajoute de l'eau et vérifie si un nouveau trouble se produit. Si tel est le cas, on recommence l'opération en additionnant dès le début un volume d'eau plus considérable ; si, au contraire, le liquide reste clair, c'est qu'on a trop ajouté d'eau, et il faut recommencer l'opération avec un plus petit volume. Avec un peu d'habitude, on arrive en cinq ou six opérations à préciser exactement la quantité d'eau nécessaire pour obtenir l'émulsion complète. Nous avons pu vérifier sur un très grand nombre de déterminations que les chiffres obtenus se tiennent, et que par conséquent l'opération est exacte. La somme du volume d'eau qui amène le point de trouble et de celui qui émulsionne ensuite complètement la solution, représente le coefficient d'émulsion.

L'émulsion ainsi préparée est versée dans un cylindre en verre, dont le fond repose sur un papier blanc, sur lequel on a préalablement tracé un réticule au trait fin.

On détermine ensuite la hauteur de la colonne du liquide qui est nécessaire pour que l'on ne puisse plus, en regardant au travers, distinguer l'image de ce réticule; cette hauteur fournit le troisième coefficient ou degré de trouble proprement dit. Nous avons effectué ces expériences, non seulement avec de l'eau pure, mais encore avec de l'eau saturée de sel, et avec de l'eau renfermant 75 °/₀ de saccharose. La température du laboratoire pendant les expériences était de 20° centigrades.

Les résultats obtenus sont consignés dans les tableaux suivants :

Tableau des coefficients de trouble mesurés par la hauteur de la colonne d'émulsion.

	Eau	**Eau salée**	**Eau sucrée**
Absinthe	28 cc.	9.5 cc.	46 cc.
Cumin	20	11	28
Tanaisie	75	30	45
Menthe	64	15	38
Fenouil	7	4	21
Badiane	5	3.5	14
Hysope	14	12	28
Coriandre	25	13	18
Anis	4.5	4	10.5
Thuyone	Limpide	Limpide	Limpide

Tableau du point d'apparition du trouble (point de trouble) et du coefficient d'émulsion des essences. $t = 20°$.

Solutions 2 p. 1000 des essences dans de l'alcool à 60°	Eau pure		Observations relatives à l'eau	Eau salée		Eau sucrée 75 %	
	Apparition du trouble (p^t de trouble)	Trouble complet (coeff. d'émul.)		Apparition du trouble (p^t de trouble)	Trouble complet (coeff. d'émul.)	Apparition du trouble	Trouble complet
Absinthe......	1.2 cc.	12 cc.	Trouble faible	4.8 cc.	28 cc.	1.9 cc.	15 cc.
Cumin........	3.5	20	Trouble assez faible.	7.7	25	4.5	14.6
Tanaisie......	5.9	22	Trouble très léger...	9.9	25	6.2	20.5
Menthe.......	5.8	27.5	Trouble très léger...	10.1	34	7.8	21
Fenouil.......	6.6	15.0	Trouble épais.......	3.3	25	7.5	14.5
Badiane......	4.4	11.5	Trouble très épais...	7.7	17	4.4	20
Hysope.......	1.8	11	Trouble épais.......	4.5	16	3.0	13
Coriandre.....	4.8	13	Trouble très faible...	9	16.5	5	15
Anis.........	5.3	17	Trouble très épais...	8.6	20	4.6	18
Thuyone.....	Rien	Rien	Pas de trouble.....	Rien	Rien	Rien	Rien

On peut tirer de l'examen de ces tableaux quelques remarques intéressantes :

1° Il n'existe pas un écart considérable entre les points de trouble des solutions alcooliques des différentes essences étudiées. Dans des conditions expérimentales identiques, c'est la solution alcoolique d'essence d'absinthe qui se trouble la première, c'est celle d'essence de fenouil qui se trouble la dernière.

Pour l'absinthe, il suffit d'ajouter 12 °/₀ d'eau à la solution alcoolique à 2 °/₀₀ de l'essence, pour voir apparaître le trouble ; pour le fenouil, il faut en ajouter 66 °/₀ dans les mêmes conditions. L'eau sucrée et l'eau salée se comportent un peu différemment que l'eau pure ; avec l'eau sucrée, pour toutes les essences à l'exception de la badiane et de l'anis, il faut un plus grand volume de liquide sucré que d'eau pure pour faire apparaître le trouble ; avec l'eau salée il en est de même, mais la badiane et l'anis rentrent dans la règle générale.

2° Les quantités d'eau nécessaires pour émulsionner complètement la solution varient d'une essence à l'autre, dans la proportion de 1 à 2 environ (pour les essences examinées). Ce phénomène est d'ailleurs indépendant de celui de l'apparition du trouble avec l'eau pure ; c'est la dissolution d'essence de menthe qui exige le plus grand volume d'eau pour se troubler complètement ; c'est par contre celle d'essence d'hysope qui exige le plus petit. Avec le sucre, pour certaines essences, il faut moins d'eau sucrée que d'eau pure pour émulsionner complètement la solution ; pour d'autres, il en faut davantage. Avec le sel, il faut, pour toutes les essences étudiées, plus d'eau salée que d'eau pure

pour provoquer le trouble complet ; ce dernier phénomène est intéressant et assez inattendu.

3° Les coefficients de trouble (degré d'opacité) des essences étudiées sont très différents et varient dans la proportion de 1 à 20 environ (il convient de remarquer ici que le trouble est d'autant plus épais que le chiffre qui exprime la hauteur de la colonne opaque de l'émulsion est plus petit). Ils vont par ordre de grandeur comme suit : 1. Essence d'anis. 2. Essence de badiane. 3. Essence de fenouil. 4. Essence d'hysope. 5. Essence de cumin. 6. Essence de coriandre. 7. Essence d'absinthe. 8. Essence de menthe. 9. Essence de tanaisie. Ces résultats sont sensiblement conformes à ceux obtenus récemment par MM. Sanglé-Ferrière et Cuniasse, bien que ces messieurs aient opéré avec d'autres solutions et d'une manière un peu différente. On peut voir que l'émulsion d'essence d'anis est à peu près six fois plus opaque que celle d'essence d'absinthe et quinze fois plus opaque que celle de tanaisie. Ce sont en quelque sorte les émulsions des essences toxiques à base de thuyone (absinthe, tanaisie, etc.) qui sont le moins opaque, et celles des essences non nocives, telles que l'anis et la badiane, qui le sont le plus. On commettrait ainsi une grosse erreur en jugeant la nocivité d'une liqueur complexe comme l'absinthe par l'opacité de son émulsion ; le degré de trouble, quelle que soit la signification qu'on lui attribue, ne fournit donc pas un critère sérieux à ce point de vue.

4° Les émulsions préparées avec de l'eau salée sont beaucoup plus opaques et épaisses que celles préparées avec de l'eau pure, et ceci pour toutes les essen-

ces. Ce fait est conforme à ce qu'on pouvait attendre de l'action connue des solutions salines sur les dissolutions alcooliques.

5° Les émulsions préparées avec de l'eau sucrée présentent des caractères différents selon les essences. Pour la menthe, la tanaisie et la coriandre, elles paraissent plus opaques que celles préparées avec de l'eau pure ; pour toutes les autres essences, c'est précisément le contraire. Il semble donc que pour ces dernières, la présence du sucre empêche la formation de l'émulsion ou diminue considérablement son degré d'opacité. Nous avons d'ailleurs tout lieu de croire que ce phénomène est très général et que l'anomalie fournie par les essences de menthe, de tanaisie et de coriandre est plus apparente que réelle et tient plutôt à l'imperfection de la méthode employée pour évaluer le degré d'opacité de l'émulsion. Il résulte de ce qui vient d'être dit qu'on peut, en présence du sucre, maintenir en dissolution certaines essences, qui précipiteraient incontinent si celui-ci venait à disparaître. Nous avons observé ce cas avec des anisettes fortement sucrées ; celles-ci précipitent rarement par adjonction d'eau ; par contre, si on les distille pour en séparer le sucre et si on rétablit le volume primitif, elles précipitent abondamment, l'alcool du distillat n'étant plus susceptible de maintenir l'essence en solution.

6° La dissolution à 2 °/₀₀ de thuyone n'a pu être émulsionnée dans les conditions expérimentales indiquées. Ceci est une indication précieuse pour l'extraction de ce produit au moyen de l'éther dans certaines liqueurs qui le contiennent.

Dosage des huiles essentielles.

La détermination quantitative d'un mélange d'essences en solution alcoolique (cas fréquemment réalisé dans les différentes liqueurs), est un problème analytique difficile qui, à notre avis, n'est pas complètement résolu et nécessite encore de nombreuses recherches.

La méthode qui semble la plus rationnelle consiste à précipiter les essences par de l'eau pure ou additionnée d'un corps approprié, à les extraire par un dissolvant convenable (éther, ligroïne, etc.), puis à les peser ensemble, après dessication préalable et évaporation du dissolvant. Cette méthode a été suivie avec des variantes par divers auteurs. Nous l'avons trop peu pratiquée pour pouvoir en indiquer les avantages et les points faibles, qui sont nombreux ; à notre avis, cependant, c'est encore celle qui donne des résultats qui se rapprochent le plus de la réalité. Récemment, MM. Sanglé-Ferrière et Cuniasse [1], en étudiant la question des absinthes, ont proposé une méthode toute différente, qui rappelle comme principe la détermination de l'indice d'iode des huiles. Ils font agir, dans des conditions toujours identiques, de l'iode sur des solutions alcooliques des différentes essences, et trouvent que, dans ces conditions, une même essence fixe un chiffre d'iode qui est constant, et susceptible d'être exprimé par un coefficient. Avec des mélanges d'essences variées (cas de la liqueur dite absinthe, notamment), ce coefficient devient forcément empirique et n'a de signification que dans un cas strictement déterminé.

[1] Sanglé-Ferrière et Cuniasse. *Ann. de Chimie analytique*, 1903, p. 17.

Pour le dosage des essences dans la liqueur dite absinthe, voici exactement la façon dont procèdent MM. Sanglé-Ferrière et Cuniasse : La liqueur est tout d'abord distillée, puis après rétablissement du volume initial, 50 centimètres cubes du distillat sont additionnés de 25 centimètres cubes d'un mélange en parties égales de deux solutions : la première contenant 50 grammes d'iode pour un litre d'alcool à 96°, la seconde 60 grammes de bichlorure de mercure dans un litre d'alcool de même concentration. On laisse séjourner le tout pendant 3 heures à la température de 18° dans un flacon bouché à l'émeri, puis après avoir ajouté 10 centimètres cubes d'une solution concentrée d'iodure de potassium, on titre jusqu'à décoloration de la liqueur avec une solution décinormale d'hyposulfite. On a eu soin de confectionner un témoin en prenant 50 centimètres cubes d'alcool de même concentration, auxquels on ajouta également 25 centimètres cubes de la mixture iodée précédemment indiquée, on titre de la même façon. La différence entre le nombre de centimètres cubes d'hyposulfite utilisés pour les deux titrations, multipliée par le facteur empirique 0,2032 calculé par les auteurs sur une absinthe normale, donne le titre en huiles essentielles par litre de liqueur. Cette méthode est considérée comme officielle en France.

Ayant été appelés à faire de nombreuses déterminations quantitatives d'huiles essentielles dans des absinthes ou des produits réputés similaires, nous n'avons pas tardé à nous apercevoir dès le début que les résultats que fournissait la méthode étaient douteux et inexacts. Tout d'abord, le coefficient calculé ne s'ap-

plique qu'à un mélange d'essences déterminées, fait dans des proportions déterminées également; sa valeur change dès que ces proportions varient, et surtout qu'on substitue dans le mélange telle essence à telle autre. De plus, en répétant un grand nombre de fois les déterminations sur un même distillat et dans des conditions parfaitement identiques (temps, température, mesure du volume des solutions dans les mêmes appareils, etc.), nous avons constaté que, tandis que certaines séries donnaient des chiffres sensiblement concordants (c'est-à-dire une différence au plus d'une unité en °/₀ sur la première décimale), d'autres, par contre, en donnaient de très discordants, et ceci sans aucun motif apparent. Il s'agit donc évidemment d'une différence dans la fixation de l'iode par les mêmes essences, sous les mêmes conditions, ce que montrent clairement d'ailleurs les nombres de centimètres cubes d'hyposulfite employés pour les titrations des divers essais faits sur le même distillat. Il ne saurait être question de rapporter ces divergences à des erreurs de titration ; nous avons vérifié en effet, que l'erreur que l'on peut commettre par une mauvaise appréciation de la décoloration du liquide par l'hyposulfite est minime, et pour ainsi dire nulle avec un expérimentateur exercé. Ajoutons que la titration en présence d'amidon, préconisée par MM. Sanglé-Ferrière, ne nous a pas réussi. Nous avons pensé qu'il était intéressant aussi de rechercher quelle pouvait être l'influence du témoin sur l'erreur commise. Au début, on faisait pour chaque titration un seul témoin ; dans la suite, nous en avons fait plusieurs, soit quatre et même six, tous préparés dans des conditions identiques. Nous avons apporté un

soin particulier à la mesure des 25 centimètres cubes de la solution iodée, et nous sommes servis de la même pipette normale, pour éviter toute erreur. Les flacons contenant les liquides témoins ont été maintenus à une température constante, et la titration a été opérée rapidement. En général, on commençait à titrer deux témoins, on titrait ensuite les différents essais et on achevait par la titration des deux ou trois autres témoins. Le temps écoulé pendant ces différentes opérations était de 20 à 25 minutes au plus. Voici quelques résultats obtenus ; les chiffres expriment les nombres de centimètres cubes d'hyposulfite employés pour obtenir la décoloration des témoins.

Première série : Témoin I = 42.45	II = 42.8	III = 40.9	IV 36.6		
Deuxième série : Témoin I = 41.55	II = 42	III = 42.05	IV 42.8		
Troisième série : Témoin I = 41.7	II = 41	III = 41	IV 40.3	V 41.7	

Les oscillations portent, comme on le voit, sur 2 centimètres cubes à peu près, si on fait abstraction du chiffre de 36.6, qui semble de prime abord correspondre à une erreur d'expérience. Or, tel n'est pas le cas, les témoins ont été faits exactement de la même façon, et d'ailleurs le chiffre en question a été retrouvé tout à fait indépendamment par chacun de nous sur des séries analogues. La méthode nous paraît donc peu sûre et doit en tout cas faire l'objet de recherches plus approfondies.

Identification de l'essence d'absinthe et de ses congénères dans un mélange d'essences.

Le principe actif de l'essence de grande absinthe est une cétone appelée thuyone, à laquelle on assigne généralement la formule suivante :

Thuyone

```
        CH3
        |
        CH
  HC  /    \  CO
     |      |
 H2C  \    /  CH2
        C
        |
        CH
 H3C  /    \  CH3
```

C'est à cette thuyone qu'il faut, d'après les physiologistes, attribuer l'action épileptisante exercée par cette essence, ainsi que par ses congénères, l'essence de tanaisie, de sauge, etc. C'est l'essence de tanaisie qui contient le plus de thuyone (jusqu'à 70 °/₀); celle d'absinthe n'en renferme que 50 °/₀, rarement davantage. L'identification de la thuyone dans un mélange d'essences est donc une opération qui s'impose; Dans le cas de l'absinthe, elle est d'une importance capitale, suivant la définition qu'on donne à cette liqueur. L'un de nous a en effet défini celle-ci comme suit : « L'apéritif absinthe est un alcoolat d'essences diverses, parmi lesquelles celles à base d'anethol prédominent. Cet alcoolat est différencié des autres anisades et rendu spécifique au point de vue chimique, physiologique et analytique par la présence, en *quantité appréciable*, d'essences à base de thuyone, celle d'absinthe notamment, d'où le nom d'absinthe donné au produit. Les apéritifs livrés couramment à la consommation ont une teneur moyenne de 50 à 72 °/₀ en alcool, et une teneur en essences qui oscille généralement autour de 3 grammes[1]. »

[1] L. Duparc. Rapport d'expertise. Genève, juin 1908. Studer, imprimeur.

Avec cette définition, l'identification de la thuyone dans une liqueur à base d'anis, permettra d'affirmer que celle-ci est réellement une absinthe.

M. Cuniasse qui, au laboratoire municipal de Paris, s'est spécialement occupé de l'identification de l'essence d'absinthe dans les mélanges, a proposé une série de réactions qui toutes sont basées sur le caractère cétonique de la thuyone qu'elle renferme. Ces réactions exigent malheureusement des quantités d'essence très supérieures à celles qu'on peut généralement se procurer dans un contrôle de police, et n'offrent donc pas d'intérêt pratique immédiat. Une seule d'entre elles mérite une attention spéciale : c'est celle imaginée par Legal et étudiée par divers auteurs, en particulier par M. Denigès[1]. Elle consiste à traiter les substances cétoniques en solution alcoolique par le nitroprussiate de soude, la soude caustique et l'acide acétique. Il se produit dans ces conditions des colorations caractéristiques rouges ou violacées, toujours plus ou moins fugaces. La réaction marche également avec certains aldéhydes, mais d'une manière un peu différente cependant. Elle n'est d'ailleurs point spécifique pour toutes les cétones, beaucoup d'entre elles ne la donnent pas et MM. Denigès et Bela von Bitto, sur la base des essais qu'ils ont entrepris sur de nombreuses cétones grasses et aromatiques, ont cru devoir formuler certaines règles qui

[1] Denigès. *Bulletin Soc. chim.*, sér. 3, vol. 15, p. 1058. Extension de la réaction de Legal aux corps renfermant le groupe acétyle. Autre biographie : Denigès. *Bull. Soc. Chim.*, sér. 3, vol. 17. A propos de la généralisation de la réaction de Legal.

Bela von Bitto. *Liebig Annalen Ch.*, t. 267, p. 372. Ueber das nitroprussid natrium als reagens von Aldehyde und Cetone. Jahresberichte 1883, p. 1648.

permettent de prévoir les conditions nécessaires pour que cette réaction puisse se produire, et que nous allons énoncer en donnant la liste des cétones essayées par ces auteurs :

M. Denigès arrive aux conclusions suivantes :

1° Les corps qui donnent la réation possèdent le groupe CH_3CO. Leur carbonyle est en outre en relation : ou bien un noyau hydrocarboné (1), ou bien un dérivé de ce groupe par substitution carbonée dans un CH_3(2).

Exemple : (1) $CH_3.CO.CH^3$ (2) $C_6H_5.CO.CH_2.C_2H_5$

Corps qui réagissent.	Corps qui ne réagissent pas.
$CH_3 - CO - CH_3$	$C_6H_5 - CO - C_6H_5$
$CH_3 - CO - C_2H_5$	$C_{10}H_7 - CO - C_6H_5$
$CH_3 - CO - CH_2 - COOH$	$H - CO - H$
$CH_3 - CO - C_6H_5$	$C_6H_5 - CO - H$
$CH_3 - CO - C_{10}H_7$	$OH - C_6H_4 - CO - H$
$CH_3 - CH_2 - CO - CH_2 - CH_3$	C_4H_3O — $CO - H$ furfurol)
$C_6H_5 - CO - CH_2 - CH_3$	$CCl_3 - CO - H$
$CH_3 - CO - H$	$CH_3 - CO - OH$
$CH_3 - CH_2 - CO - H$	
$C_3H_7 - CH_2 - CO - H$	

2° Les substances qui renferment un groupe acétyle simple ou modifié dans le CH_3, et dont le carbonyle CO est en relation avec OH, OR, NH_2 ou Cl, ne donnent pas la réaction, mais colorent les sels ferriques.

3° Les composés qui contiennent un groupe acétyle CH_3.CO dont le carbonyle est en relation avec un noyau hydrocarboné aromatique, C_6H_5-CO-CH_3 par exemple, donnent une coloration bleuâtre et non pas rose.

M. Cuniasse a eu l'idée d'employer cette réaction pour identifier la thuyone dans les liqueurs et en particulier dans les absinthes. Il a expérimenté avec des

solutions d'essence d'absinthe dans de l'alcool à 50°, en faisant réagir sur 10 centimètres cubes de cette solution : 1° 1 centimètre cube d'une solution fraîchement préparée de nitroprussiate de soude à 10 °/₀. 2° Quelques gouttes d'une solution de soude caustique. 3° Un centimètre cube d'acide acétique. Dans ces conditions, il a vérifié que les essences d'absinthe et de tanaisie réagissent en donnant une belle coloration rouge, tandis que les autres essences ne réagissent pas. M. Cuniasse a montré qu'on pouvait retrouver la thuyone dans la liqueur absinthe après précipitation des huiles essentielles de celle-ci par l'eau, extraction par l'éther et dissolution du résidu éthéré dans l'alcool, de façon à obtenir la concentration convenable. M. Cuniasse pouvant identifier les essences à base de thuyone à la dilution de 1 °/₀₀, c'est sans doute à la suite de ses expériences que le gouvernement français a fixé, par la loi du 21 août 1907, la dose maxima d'essence d'absinthe tolérée à 1 gramme par litre. (La note de M. Cuniasse a été publiée, en effet, en avril 1907 dans les *Annales de Chimie analytique*.)

La valeur de cette réaction a été contestée ; on a prétendu qu'étant générale pour toutes les cétones, elle ne pouvait permettre de déceler la présence de la thuyone dans des mélanges d'autres cétones, comme la fénone par exemple contenue dans le fenouil, puis aussi qu'elle ne marchait pas avec les petites quantités d'essences thuyoniques rencontrées généralement dans les liqueurs, l'absinthe notamment.

En présence de ces divergences d'opinions, nous avons entrepris tout d'abord une série d'expériences avec des solutions 2 °/₀₀ dans de l'alcool à 60° des dif-

férentes essences constitutives de la liqueur dite absinthe, en déterminant la façon dont elles réagissent vis-à-vis du nitroprussiate après avoir préalablement vérifié les conditions qui correspondent à l'optimum de sensibilité. Nous avons pris comme base et en quelque sorte comme unité de mesure, la solution 2 °/₀₀ de thuyone pure, et avons pour chaque essence qui réagit, expérimenté avec des concentrations différentes, en diluant plus ou moins la solution type dans de l'alcool à 60°. Nous opérons généralement comme suit : 10 centimètres cubes de la solution alcoolique d'essences sont introduits dans une éprouvette ; on y fait tout d'abord couler avec une burette graduée, 1 centimètre cube d'une solution fraîche à 10 °/₀ de nitroprussiate, puis on agite fortement. On ajoute ensuite 1 centimètre cube d'une solution de soude non carbonatée à 5 °/₀ et on agite de nouveau en notant le changement de coloration qui peut se produire à ce moment. On ajoute enfin 1 centimètre cube d'acide acétique pur, puis on agite à nouveau et observe par transparence la couleur qui se produit. Celle-ci étant très fugace, il faut, quand on a affaire à de petites quantités de thuyone, opérer rapidement, et toujours en présence d'un témoin fait avec 10 centimètres cubes d'alcool pur à 60°, qu'on introduit dans une éprouvette identique, et traite simultanément de la même façon que la solution d'essences.

Les résultats que nous avons obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

Les conclusions à tirer de ces expériences sont les suivantes :

1° Parmi toutes les essences employées dans la fabrication des absinthes, celles à base de thuyone, seu-

Tableau des réactions avec le nitroprussiate des solut. alcooliques des essences conten. dans la liqueur absinthe

Différentes essences	Essai N° 1 Solution 2 $^{0}/_{000}$ 10 cent. cube = 0,02 gr.	Essai N° 2 Solution 1 $^{0}/_{000}$ 10 cent. cube = 0,01	Essai N° 3 Solution $^{1}/_{2}$ $^{0}/_{000}$ 10 cent. cube = 0,005	Essai N° 4 Solution $^{1}/_{5000}$ 10 cent. cube = 0,002
Thuyone......	Rouge intense foncé	Rouge intense	Rouge pâle	Rose bien net
Tanaisie......	Rouge intense	Rouge	Rouge pâle	Rose sensible
Absinthe	Rouge mais moins int^{se}	Rouge moins intense	Rouge encore net	Rose très pâle
Fenouil.......	Aucune réaction	Aucune réaction	Aucune réaction	Aucune réaction
Coriandre.....	»	»	»	»
Hysope.......	Tr. faible tein^{te} brunâ^{tre}	Rien	Rien	Rien
Badiane......	Aucune réaction	Aucune réaction	Aucune réaction	Aucune réaction
Cumin........	»	»	»	»
Menthe	»	»	»	»
Anis	»	»	»	»
Mélisse.......	»	»	»	»
Angélique	»	»	»	»

lement, réagissent avec le nitroprussiate et donnent une coloration nette avec ce réactif.

2° C'est la thuyone pure qui réagit le plus fortement, viennent ensuite la tanaisie, qui contient 70 °/₀ de thuyone, et l'essence d'absinthe qui n'en contient que 50 °/₀.

3° La réaction est suffisamment sensible pour permettre d'identifier facilement des solutions contenant $^1/_{5000}$ de thuyone ou d'essence de tanaisie, voire même d'essence d'absinthe. Si on tient compte que cette dernière renferme 50 °/₀ de thuyone seulement, cela équivaut à dire que la réaction est sensible au dix-millième.

4° La réaction n'est pas spécifique pour toutes les cétones, car celle contenue dans le fenouil, la fénone, ne la donne pas dans les conditions où nous avons expérimenté.

5° Toutes les réactions faites dans les conditions indiquées donnent des résultats absolument comparables ; si la teinte n'était pas si fugace, elle pourrait servir à évaluer colorimétriquement la teneur en thuyone d'une solution alcoolique.

6° Toutes les tentatives faites pour fixer le colorant en le faisant passer dans un dissolvant n'ont pas abouti. L'adjonction d'éther permet de renforcer un peu la coloration et de la maintenir plus longtemps.

Nous avons alors essayé la réaction dans des conditions identiques, sur des mélanges d'essences de composition analogue à celle de la liqueur absinthe, puis sur le produit de distillation de cette liqueur. Dans ce but, 200 centimètres cubes de ce distillat sont émulsionnés par de l'eau salée ; l'émulsion est traitée par l'éther,

puis, après évaporation de celui-ci, les huiles qui restent sont reprises par quelques centimètres cubes d'alcool à 99 $^0/_0$, de façon à obtenir une solution aussi concentrée que possible qui est traitée ensuite par le réactif dans les conditions indiquées. Dans toutes les expériences, nous avons obtenu une coloration rouge manifeste, ce qui prouve que l'on peut identifier la thuyone dans l'absinthe, par exemple, quand on dispose seulement de 200 centimètres cubes de liqueur. Nous avons enfin essayé la réaction avec de l'absinthe distillée telle quelle, sans concentration préalable des essences par l'éther; onze échantillons de liqueurs de provenances différentes, traités ainsi qu'il est dit, ont tous réagi. L'expérience a chaque fois été faite simultanément avec un témoin d'alcool pur. Sans doute la coloration qu'on observe avec ces dilutions extrêmes de la thuyone est faible et très fugace, mais un œil exercé la saisit aisément.

Nous avons alors essayé la réaction de Legal sur un grand nombre d'essences qui n'entrent pas, il est vrai, dans la composition de la liqueur absinthe, mais qui sont utilisées pour la confection d'autres liqueurs ou même simplement en parfumerie. Les résultats de ces recherches sont consignés dans le tableau suivant. Tout à fait indépendamment de nous, M. X. Roques, chimiste à Paris, a fait aussi une série de recherches analogues, qu'il a publiées dans les *Annales de chimie analytique*[1]. Les résultats qu'il a obtenus par une méthode à peu près semblable à celle que nous employons, sont absolument conformes à ceux que nous avons obtenus.

[1] 1908, p. 227.

Tableau des essences essayées en solutions alcooliques avec le nitroprussiate de soude.

Nom des essences	Solution à 2 °/₀₀ 10 cc. = 0,02 gr. essence	Solution à 1 °/₀₀ 10 cc. = 0,01	Solution à ½ °/₀₀ 10 cc. = 0,005	Solution à 1/5000 10 cc. = 0,002
Acétone	rouge intense	rouge	rouge pâle	rose très pâle
Thuyone	rouge intense foncé	rouge intense	rouge pâle	rose bien net
Tanaisie..............	rouge intense	rouge	rouge pâle	rose sensible
Grande absinthe.......	rouge intense	rouge	rouge pâle	à peine rose, tr. fugace
Thuya	faible coloration rose	rose très pâle	à peine perceptible	rien
Essence de sauge......	id.	id.	id.	id.
Distillat de sauge	jolie coloration rose	id.	id.	id.
Artemisia barrellieri ...	»	rose très net	rose pâle	rose pâle appréciable
Fenouil doux..........	rien	rien	rien	rien
Menthe pouliot	»	»	»	»
Rue..................	rose violacé	rose violacé pâle	rose à peine sensible	rien
Carvone...	coloration bronzée	très faible réaction	rien	rien
Essence de carvi cultivé	color. bronzée pâle	rien	rien	rien
» » sauvage	»	»	»	»
Aneth	tr. f^ble color. bronzée	rien	rien	rien
Curo-moji.............	color. à peine sensibl.	»	»	»
Menthe verte..........	rien	rien	rien	rien
Romarin de France	très faible color. rose	»	»	»
» d'Italie	rien	»	»	»
Amandes amères	»	»	»	»

Tableau (suite).

Cumin	rien	rien	rien	rien
Canelle	»	»	»	»
Citral	forte color. cuivrée	coloration cuivrée	cuivrée pâle	cuivrée très pâle
Verveine de France	»	»	»	»
Mélisse	rien	rien	rien	rien
Citron	»	»	»	»
Orange	»	»	»	»
Thym	»	»	»	»
Origan	»	»	»	»
Piment	»	»	»	»
Anis	»	»	»	»
Badiane	»	»	»	»
Estragon	»	»	»	»
Basilic	»	»	»	»
Sassafras	»	»	»	»
Eucalyptol	»	»	»	»
Cardamome	»	»	»	»
Coriandre	»	»	»	»
Bergamotte	»	»	»	»
Lavande	»	»	»	»
Aspic	»	»	»	»
Pinène	»	»	»	»
Camphre	»	»	»	»
Borneol	»	»	»	»
Calamus avec terpènes	»	»	»	»

Calamus sans terpènes .	rien	rien	rien	rien
Cyprès	»	»	»	»
Angélique	»	»	»	»
Fenouil d'eau	»	»	»	»
Gingembre.	tr. légère réact. cuiv.	rien	rien	rien
Genièvre	rien	»	»	»
Camomille.	»	»	»	»
Iva	faible réaction rose	très faible color. rose	à peine perceptible	rien
Hysope.	faible color. brunâtre	rien	rien	rien
Jaborandi, ...	rien	»	»	»
Mille feuilles.	»	»	»	»
Boldo.	tr. faible color. rosée	»	»	»
Muscade	rien	»	»	»
Mastic.	»	»	»	»
Macis	»	»	»	»
Coumarine.	»	»	»	»
Vanilline	»	»	»	»
Ether œnanthilique blanc Schimmel.	rien	rien	rien	rien
Ether œnanthilique vert Schimmel	»	»	»	»
Ether œnanthilique blanc Georgi	»	»	»	»
Acétylacétate d'éthyle . .	fort col. rouge-brun	—	—	—

Nous avons tenu à répéter simultanément ces réactions sur les essences du groupe du fenouil et du carvi, la carvone, etc., en opérant toujours avec témoins; voici les résultats obtenus :

Tableau des réactions des essences de fenouil carvi, etc.

Solutions à 2 ‰

Fenouil doux.........	rien
Fenouil d'eau.........	rien
Carvi.................	faible réaction bronzée
Carvone	»
Aneth	»
Cumin...............	rien
Alcool...............	rien

Nous avons enfin expérimenté, toujours de la même façon, quelques produits naturels, tels que les eaux-de-vie de marc, de lie, les rhums et puis aussi certaines aldéhydes ou cétones qui peuvent accidentellement se trouver dans les alcools. Les résultats de ces recherches sont consignés dans le tableau suivant :

Eau-de-vie de marc (Vaud)......	coloration rose pâle [1]
» (Béziers)....	forte coloration rouge
» (Dardagny)..	coloration rose foncé
Eau-de-vie de lie..............	rien
Rhum	très légère color. rose

On peut tirer de l'examen de ce tableau plusieurs conclusions intéressantes :

1° Toutes les essences thuyoniques (tanaisie, absinthe, sauge, etc.) réagissent de la même façon avec le nitroprussiate, l'intensité de la coloration obtenue est absolument proportionnelle à la teneur en thuyone. C'est la tanaisie qui réagit le plus fortement, la thuya, l'arthémise et la sauge qui réagissent le moins.

[1] Ces réactions sont très fugaces, au bout d'un certain temps il se dépose un corps vert, soluble dans l'eau.

2° La grande majorité des essences ne réagit pas avec le nitroprussiate dans les conditions de nos expériences. Les seules essences qui réagissent d'une façon appréciable sont : le citral, la verveine de France, le carvi et la rue ; les colorations qu'elles donnent avec le réactif se distinguent d'ailleurs de celle donnée par la thuyone et ses dérivés.

3° Les essences cétoniques ne réagissent pas d'une manière identique avec le nitroprussiate. A 2 °/₀₀, la thuyone donne une forte coloration rouge, la menthe pouliot, qui renferme de la pulégone, ne donne pas de réaction ; la carvone et les essences de carvi donnent une couleur bronzée, la menthone ne donne pas de réaction pas plus que la fénone. Ce fait est d'autant plus curieux que plusieurs de ces cétones ont une constitution très analogue, comme le montrent les formules ci-dessous :

CH_3 — CH ; HC, CO, H_2C, CH_2 ; C — CH ; CH_3, CH_3

Thuyone

CH_3 — CH ; H_2C, CH_2, H_2C, CO ; C = C ; CH_3, CH_3

Pulégone

CH_3 — C ; HC, CO, H_2C, CH_2 ; CH ; CH_3, CH_2

Carvone

CH_3 — CH ; H_2C, CH_2, H_2C, CH_2 ; CH = CH ; H_3C, CH_3

Menthone

CH_2—CH—$C(CH_3)_2$; CH_2 ; CH_2—C—CO ; CH_3

Fénone

4. Certains produits naturels (eau-de-vie de marc, rhum, etc.) réagissent plus ou moins fortement avec le nitroprussiate, ce qui tient à la présence dans ceux-ci d'aldéhydes variées. La réaction toutefois est un peu différente de celle de la thuyone ; si on abandonne le liquide coloré dans un endroit chaud pendant quelques heures, il se décolore, et il se produit dans le liquide un précipité bleu verdâtre.

Il résulte de ces observations que la réaction de Legal peut permettre de mettre en évidence la thuyone dans la plupart des mélanges d'essences, à la condition que l'alcool employé pour les dissoudre soit pur (ne renferme pas d'aldéhydes), et qu'il n'existe pas dans le mélange d'essence donnant une réaction identique. Pratiquement, il n'y a guère que le citral qui soit à redouter ; l'essence de rhue en effet est employée seulement en parfumerie et la couleur donnée par la carvone et les essences qui la contiennent est différente de celle donnée par la thuyone.

Or il est aisé, dans un mélange d'essences, d'éliminer les aldéhydes qui sont susceptibles de masquer les réactions de la thuyone. Il suffit pour cela de chauffer au réfrigérant ascendant la solution alcoolique des essences avec de l'aniline et de l'acide phosphorique, puis de distiller ensuite ; les aldéhydes sont retenues, tandis que les cétones passent. On opère pratiquement comme suit :

100 cc. des solutions d'essences dans l'alcool sont additionnés de 1 cc. d'aniline et de 1 cc. d'acide phosphorique sirupeux ; on chauffe pendant une heure au réfrigérant ascendant et on laisse refroidir ; on distille, de manière à recueillir environ 90 cc ; on peut alors

faire la réaction au nitroprussiate comme d'habitude sur le distillat débarrassé des aldéhydes.

La méthode marche fort bien ainsi ; nous l'avons vérifiée par diverses expériences, dont voici quelques-unes :

1° Un mélange d'eau-de-vie de marc et d'alcool (20 °/₀) essayé au nitroprussiate, donne une forte coloration rouge. Après condensation des aldéhydes par le procédé indiqué, le produit distillé ne donne plus aucune coloration, ce qui fut vérifié avec un témoin d'alcool.

2° Un mélange de thuyone et d'alcool (2 °/₀₀) a donné une très forte coloration rouge avec le nitroprussiate. Après le traitement avec l'aniline et l'acide phosphorique, le liquide distillé a été essayé à nouveau ; il a réagi identiquement, sans affaiblissement de la coloration.

3° Un mélange d'eau-de-vie de marc, de thuyone et d'alcool donne une forte coloration au nitroprussiate. Après le traitement indiqué, le liquide distillé réagissait encore, mais donnait avec le nitroprussiate une coloration beaucoup plus faible.

4° Une solution alcoolique de citral (1 °/₀) donne une très forte coloration rouge ; après condensation de l'aldéhyde par le traitement indiqué, le distillat ne donnait plus aucune coloration.

Le procédé a été vérifié également sur des mélanges d'essences, notamment sur des absinthes faites avec des alcools dénaturés ; la thuyone a pu être mise en évidence dans tous les cas.

On peut donc aisément se débarrasser, dans un mélange, des substances aldéhydiques qui gêneraient ou masqueraient la réaction. Il est évident, par contre, que la manipulation indiquée n'élimine pas la carvone.

La recherche de la thuyone dans les liqueurs par le procédé indiqué est donc aisée ; la méthode est d'une application facile et sa sensibilité est suffisante dans la plupart des cas. On lui a fait cependant certaines objections ; tout d'abord, la coloration est fugace et faible avec les solutions diluées ; le liquide coloré ne peut être conservé comme pièce à conviction, puis l'observation des teintes très pâles est toujours délicate ; enfin la carvone réagit, comme nous l'avons vu, également sur le nitroprussiate. Sans doute la coloration est différente et bien moins intense que celle donnée par la thuyone, mais avec les solutions diluées, qui donnent avec le réactif des teintes très pâles, on pourrait peut-être, dans certains cas, se trouver dans l'embarras pour se prononcer.

Nous avons donc cherché à répondre à ces différentes objections. Dans ce but, nous avons modifié le réactif de Legal, de façon à obtenir une réaction stable, qui soit caractéristique de la thuyone et qui permette sa recherche en présence de la carvone.

Nous procédons de la manière suivante : à 10 cc. de la solution d'essences dans l'alcool à 60°, on ajoute 2 cc. d'une solution de sulfate de zinc à 10 °/₀, puis 0,5 cc. d'une solution de nitroprussiate de soude à 10 °/₀ ; on agite et on fait couler lentement 4 cc. d'une solution à 5 °/₀ de soude caustique *non carbonatée* ; on laisse reposer une minute après agitation et on acidule avec 2 ou 3 cc. d'acide acétique glacial. Dans ces conditions il se forme, en présence de la thuyone, un précipité rouge groseille intense tout à fait caractéristique. La carvone donne un précipité blanchâtre ; l'acétone, dans les mêmes conditions, donne un précipité jaune ;

le citral donne un précipité rouge orangé. C'est, de toutes les essences que nous avons essayées, la seule qui pourrait gêner la caractérisation de la thuyone ; nous avons indiqué plus haut que l'on peut facilement l'éliminer par condensation. Il convient de remarquer que, lorsque l'on fait la réaction en présence de citral, et après la condensation de ce dernier, il se produit, quand on met un léger excès d'acide acétique, une belle coloration rouge grenadine stable. Pour retrouver la thuyone, dans ce cas, il suffit d'agiter le liquide avec de l'éther. La coloration rouge disparaît et l'éther se colore en jaune. En présence de thuyone, il se dépose immédiatement au fond de l'éprouvette un précipité rouge groseille.

L'eau-de-vie de marc, qui réagit nettement avec le réactif de Legal, ne donne qu'un précipité blanchâtre avec notre méthode.

Les essais que nous avons faits sur les distillats des diverses liqueurs absinthes nous ont donné chaque fois, après repos, un précipité rouge caractéristique, tandis que tous les essais effectués sur des distillats de liqueurs ne renfermant pas de thuyone n'ont donné que de légers précipités jaune pâle. La réaction est très nette, sans qu'il soit nécessaire de concentrer les liqueurs ; cependant, si l'on veut obtenir une réaction plus intense, on peut concentrer les essences en traitant par l'éther 30 ou 40 cc. de distillat émulsionné avec de l'eau ; on reprend le résidu, après évaporation de l'éther, par 10 cc. d'alcool à 60° et on ajoute les réactifs.

Nous donnons ci-dessous un tableau indiquant les résultats obtenus avec notre réactif sur 100 cc. des solutions d'essences diverses dans l'alcool à 60°.

Tableau des réactions des essences essayées en solutions alcooliques avec le sulfate de zinc et le nitroprussiate de soude.

solutions à 2 $^{0}/_{0}$.

Acétone	précipité jaune.
Thuyone	fort précip. rou^{ge} gros^{lle}. La réaction est encore très sensible avec une solution à $^{1}/_{5000}$.
Tanaisie	» »
Grande absinthe	» »
Thuya	» »
Sauge	» »
Artemisia barreliéri	» »
Fenouil doux	léger précipité jaunâtre deven. brun verdâtre.
Menthe pouliot	précipité jaunâtre.
Rue	» jaune, devenant orange clair.
Carvone	léger précipité jaunâtre, devenant brunâtre.
Essence de Carvi	très faible précipité blanc.
Aneth	léger précipité blanc.
Curo-moji	précipité jaune brunâtre.
Menthe	» jaunâtre.
Romarin	» jaune brunâtre clair.
Amandes amères	traces de précipité blanc jaunâtre.
Cumin	précipité blanc jaunâtre.
Canelle	» »
Citral	fort précipité rouge orangé.
Verveine de France	précipité rouge orangé.
Mélisse	» blanc jaunâtre, deven. rose orangé.
Citron	précipité blanc jaunâtre.
Thym	» »
Origan	léger précipité blanc jaunâtre.
Piment	léger précipité blanc.
Anis	précipité jaunâtre.
Badiane	précipité blanc grisâtre.
Basilic	précipité blanc.
Sassafras	»
Eucalyptol	léger précipité blanc.
Cardamome	traces de précipité blanc.
Coriandre	précipité jaune verdâtre.

Bergamotte	précipité blanc jaunâtre.
Lavande	précipité jaunâtre, devenant rose pâle.
Aspic	précipité verdâtre.
Pinène	précipité blanc.
Camphène	» blanc, devenant légèrement rose.
Borneol	trace de précipité blanc.
Calamus	précipité jaunâtre, deven. rosé saumon clair.
Cyprès	abondant précipité blanc.
Angélique	léger précipité blanc.
Fenouil d'eau	» »
Gingembre	» jaunâtre.
Genièvre	abondant précipité jaunâtre.
Camomille	précipité blanc.
Hysope	précipité devenant rose pâle.
Mille feuilles	précipité jaune brunâtre.
Boldo	précipité jaune, devenant brunâtre.
Mastic	précipité blanc.
Macis	précipité blanc, devenant brunâtre.
Coumarine	fort »
Eau-de-vie de marc.	précipité blanc jaunâtre.
Rhum	» »

Nous remarquons dans ce tableau que seules les essences à base de thuyone donnent un précipité rouge groseille foncé. Toutes les autres essences essayées à l'exception du citral et des essences qui en renferment, donnent des précipités de couleurs *claires*, généralement blanc jaunâtre. Il n'y a donc pas de confusion possible avec la thuyone qui, même en très faibles proportions, donne un précipité rouge *foncé*.

On peut donc conclure que la recherche de la thuyone dans les liqueurs distillées peut se faire avec une parfaite sécurité ; cette recherche peut servir à un contrôle de police, et donne la possibilité de définir, sans ambiguïté possible, certaines de ces liqueurs, l'absinthe notamment.

Genève, septembre 1908.

RÉSUMÉ MÉTÉOROLOGIQUE

DE L'ANNÉE 1907

POUR

GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD

PAR

R. GAUTIER

Professeur et directeur de l'Observatoire de Genève.

(Suite et fin[1].)

IV. Humidité de l'air.

La valeur de la *fraction de saturation* est, depuis 1901, appréciée en *pour cent*, et non plus en *millièmes*. Je n'ai conservé l'indication des dixièmes de pour cent que pour la valeur moyenne annuelle à Genève, afin de permettre la comparaison exacte avec le passé.

A *Genève*, la valeur de la fraction de saturation est, pour les six observations faites de jour, déduite des indications des deux thermomètres du psychromètre ; pour les deux observations de nuit, 1 h. et 4 h. du matin, ses valeurs sont relevées sur les diagrammes de l'hygromètre enregistreur de Richard.

Le *tableau XVI* fournit, pour les huit observations trihoraires, les valeurs moyennes de la fraction de

[1] Voir *Archives*, t. XXVI, novembre 1908, p. 506.

XVI. Fraction de saturation en pour cent. — Genève. 1907.

Période	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10h.m.	1 h. s.	4 h. s.	7. h s.	10 h. s.	Fraction moyenne	Minimum absolu	Maximum absolu		Fréquence relat. de la saturation
Déc. 1906. .	89	91	90	85	78	79	85	87	85	42	100	18 fois	0.072
Janvier 1907	85	87	88	81	73	74	80	85	82	42	99		0.000
Février. .	83	86	87	80	72	75	78	83	81	42	100	1 fois	0.005
Mars	82	85	84	68	59	58	69	76	73	7	100	4 »	0.016
Avril	78	83	81	65	54	52	65	74	69	25	99		0.000
Mai	77	79	76	63	52	54	64	74	67	21	100	2 fois	0.008
Juin	81	84	76	62	52	53	61	78	68	23	100	2 »	0.009
Juillet . . .	84	88	77	63	50	50	61	76	69	20	100	7 »	0.028
Août	82	88	80	61	48	47	60	76	68	22	100	1 »	0.004
Septembre .	88	90	89	76	66	64	74	84	79	25	100	2 »	0.009
Octobre . .	91	93	93	82	73	71	83	88	84	44	100	12 »	0.048
Novembre .	88	90	91	88	75	77	84	85	84	35	100	18 »	0.075
Décembre .	84	87	89	86	76	79	84	84	84	40	100	9 »	0.036
Hiver. . . .	86	88	88	82	74	76	81	85	83	42	100	19 fois	0.026
Printemps .	79	82	81	65	55	55	66	75	70	7	100	6 »	0.008
Été.	82	87	78	62	50	49	61	76	68	20	100	10 »	0.014
Automne . .	89	91	91	81	71	71	80	86	83	25	100	32 »	0.044
Ann. météor.	84.2	87.0	84.4	72.4	62.7	62.7	72.1	80.2	75.7	7	100	67 fois	0.023
Année civile .	83.7	86.7	84.3	72.5	62.6	62.7	72.0	79.9	75.5	7	100	58 »	0.020

XVII. Écarts de l'humidité. Genève, 1907.

Période	Fraction de saturation		Fréquence relative de la saturation	
	Moyennes (1849-1875)	Écarts pour 1907	Moyennes (1849-1875)	Écarts pour 1907
Décembre 1906....	86	- 1	0.147	- 0.075
Janvier 1907......	86	- 4	0.145	- 0.145
Février	82	- 1	0.096	- 0.091
Mars.............	75	- 2	0.039	- 0.023
Avril.............	70	- 1	0.016	- 0.016
Mai..............	70	- 3	0.016	- 0.008
Juin	70	- 2	0.010	- 0.001
Juillet...........	68	+ 1	0.006	+ 0.022
Août.............	71	- 3	0.009	- 0.005
Septembre........	77	+ 2	0.025	- 0.016
Octobre	83	+ 1	0.083	- 0.035
Novembre	83	+ 1	0.067	+ 0.008
Décembre	86	- 2	0.147	- 0.111
Hiver.............	85	- 2	0.130	- 0.104
Printemps........	72	- 2	0.024	- 0.016
Eté..............	69	- 1	0.008	+ 0.006
Automne.........	81	+ 2	0.058	- 0.014
Année météorol ...	76.8	- 1.1	0.055	- 0.032
Année civile	76.8	- 1.3	0.055	- 0.035

saturation, pour les treize mois, les saisons et l'année ; puis les valeurs de la *fraction de saturation moyenne* pour les mêmes périodes; enfin les minima et les maxima absolus. Lorsque le maximum correspond à la *saturation* complète, le nombre des cas de saturation est indiqué. Afin de rendre l'évaluation des *cas de saturation* comparable avec celle de l'ancien système des observations bihoraires, usité jusqu'en 1883, on a aussi calculé, comme précédemment, la *fréquence relative de la saturation*.

Le *tableau XVII* donne les *écarts* de la fraction de saturation et de la fréquence de la saturation avec les

XVIII. FRACTION DE SATURATION EN POUR CENT.
GRAND SAINT-BERNARD, 1907.

PÉRIODE	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Fract. moy.	Min. abs.	Maximum absolu		Fréq. relat. de la satur.
Décembre 1906	78	74	81	78	25	100	2 fois	0.022
Janvier 1907	70	72	73	72	10	100	4 »	0.043
Février	74	72	73	73	18	100	6 »	0.071
Mars	69	69	81	73	20	100	16 »	0.172
Avril	87	69	89	82	25	100	10 »	0.111
Mai	80	69	88	79	22	100	11 »	0.119
Juin	77	62	88	76	18	100	2 »	0.022
Juillet	82	64	87	78	27	100	9 »	0.097
Août	70	62	76	69	10	100	4 »	0.043
Septembre	83	73	84	80	16	100	11 »	0.122
Octobre	92	90	92	91	33	100	36 »	0.387
Novembre	72	70	74	72	11	100	2 »	0.022
Décembre	78	80	75	77	5	100	11 »	0.119
Hiver	74	73	76	74	10	100	12 fois	0.046
Printemps	79	69	86	78	20	100	37 »	0.134
Eté	77	63	84	74	10	100	15 »	0.054
Automne	82	78	83	81	11	100	49 »	0.179
Année météor.	78	71	82	77	10	100	112 fois	0.102
Année civile	78	71	82	77	5	100	121 »	0.111

valeurs normales des « Nouvelles études sur le climat de Genève », de Plantamour.

L'année 1907 a été à *Genève*, dans son ensemble, une année plutôt sèche, comme les six années précédentes. Seul l'automne a une fraction de saturation un peu supérieure à la moyenne, et cette année il y a quatre mois avec des écarts positifs ; en 1906 il n'y en avait qu'un. Il n'y a qu'un cas de très grande sécheresse de l'air, en mars ; quant à la saturation complète, elle continue aussi à être moins fréquente que dans la moyenne des années de 1849 à 1875.

Le tableau XVIII fournit les résultats des observations faites au *Grand Saint-Bernard* avec l'hygromètre à

cheveu d'Usteri-Reinacher qui a bien fonctionné toute l'année. Il y a, comme les années précédentes, moins de cas de grande sécheresse de l'air, le minimum absolu, 5 °/₀, a été noté en décembre 1907.

L'humidité moyenne est plus forte qu'à Genève et de 4 °/₀ plus forte qu'en 1906. Quant à la variation annuelle elle est moins différente de celle de Genève que l'année précédente. Le mois le plus sec est mai à Genève, août au Saint-Bernard. Le mois le plus humide est décembre 1906 à Genève, octobre 1907 au Saint-Bernard.

V. Vents.

Genève. — L'observation des vents se fait de deux manières différentes : 1° six fois par jour, à l'ancienne girouette, en exprimant la force du vent par les sept chiffres de 0 à 6 de la demi-échelle de Beaufort ; 2° au moyen de l'anémographe de Richard, enregistrant automatiquement la direction et la vitesse du vent.

Le *tableau XIX* donne les résultats généraux du premier système d'observation. Il fournit, pour les différents mois et pour l'année, le nombre des calmes et le nombre de fois où le vent a été observé, avec la force 1 ou avec une force supérieure, dans chacune des seize directions de la rose des vents, le chiffre indiqué tenant compte du facteur (1 à 6) qui représente la force du vent.

Le *tableau XX*, donne d'abord les nombres de cas de vent du nord-nord-est et du sud-sud-ouest et leurs rapports; quant aux résultats que l'on peut tirer du tableau précédent au point de vue de la *résultante* finale des vents à Genève, ils ont été supprimés depuis

XIX. Vents observés. — GENÈVE. 1907.

	Décemb. 1906.	Janvier 1907.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre.	Année météor.	Année civile
Calme ..	43	54	44	41	34	45	29	32	45	53	78	70	73	568	598
N	11	14	21	41	36	83	36	59	77	52	31	30	17	491	497
NNE ...	55	87	60	111	89	21	36	73	9	51	11	13	8	616	569
NE.....	13	10	14	2	2	1	3	6	4	5	5	15	8	80	75
ENE....	0	1	1	3	1	0	1	1	0	1	0	0	6	9	15
E.......	22	6	11	2	1	0	0	2	1	0	1	2	5	48	31
ESE....	2	1	1	0	1	1	2	1	1	0	0	2	2	12	12
SE	9	6	6	3	4	1	1	4	7	2	3	14	3	60	54
SSE	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	4	4
S.......	10	16	14	6	9	3	9	10	14	21	10	13	15	135	140
SSW ...	44	39	31	36	47	63	62	34	31	16	36	15	44	454	454
SW	6	5	1	9	8	8	5	4	5	7	13	9	10	80	84
WSW ..	1	0	0	2	7	5	13	6	4	2	4	1	8	45	52
W......	1	1	4	0	0	1	3	0	0	2	2	1	0	15	14
WNW ..	0	0	1	1	0	2	1	2	2	0	0	0	2	9	11
NW....	2	6	0	2	1	0	3	5	3	1	4	1	4	28	30
NNW...	5	3	0	2	3	1	11	2	3	0	1	2	2	33	30

XX. Vents. — GENÈVE. 1907.

PÉRIODE	VENTS			Calme s. 1000	Vitesse moyenne du vent km. par heure
	NNE.	SSW.	Rapport		
Décembre 1906.	79	60	1.32	231	6.41
Janvier 1907...	111	60	1.85	290	7.94
Février........	95	46	2.07	262	5.94
Mars..........	154	51	3.02	220	7.23
Avril	127	64	1.99	189	8.09
Mai...........	105	74	1.42	242	6.43
Juin	75	76	0.99	161	5.90
Juillet	138	48	2.87	172	6.73
Août..........	90	50	1.80	242	4.99
Septembre.....	108	44	2.45	295	4.45
Octobre	47	59	0.80	420	3.23
Novembre	58	37	1.57	389	3.27
Décembre	33	69	0.48	392	3.93
Année météor..	1187	669	1.78	259	
Année civile...	1141	678	1.68	273	

XXI. GENÈVE, 1907.

Période	Nombre de jours de forte bise	Nombre de jours de fort vent du midi
Décembre 1906..	7	3
Janvier 1907	10	1
Février.........	4	2
Mars...........	9	0
Avril	5	3
Mai............	3	7
Juin...........	1	1
Juillet.........	5	4
Août...........	0	1
Septembre......	2	0
Octobre........	0	2
Novembre......	1	2
Décembre.......	0	0
Hiver..........	21	6
Printemps......	17	10
Eté............	6	6
Automne.......	3	4
Année météorol.	47	26
Année civile	40	23

cette année ; le tableau donne aussi la proportion des calmes.

Le tableau XX indique enfin les résultats du deuxième système d'observation du vent, au moyen de l'anémographe de Richard. Il fournit, pour les différents mois de l'année, la *vitesse moyenne du vent* exprimée en *kilomètres par heure*, sans distinguer dans quelle direction soufflait le vent. On y constate que les mois les plus calmes ont été ceux d'octobre et de novembre, et que le mois le plus venteux a été celui d'avril.

Si l'on recherche encore, dans le même ordre d'idées, les jours pour lesquels la vitesse du vent a dépassé, en

moyenne, *25 kilomètres à l'heure*, on n'en trouve que quatre dans l'année, tous jours de *bise*. En voici le tableau :

1907	Km. p. h.	Direction
27 janvier	44.5	NNE
24 mars	30.4	»
28 avril	25.9	»
19 mai	25.1	»

Le *tableau XXI* contient le relevé des jours de forte bise (NNE) et de fort vent du midi (SSW). Le nombre des jours de forte bise est, cette année, à peu près normal, la moyenne étant de 42 ; quant aux jours de fort vent du midi, il y en a sensiblement moins que la moyenne (44). Il résulte de toutes ces données que, dans l'ensemble, l'année 1907 a été faiblement venteuse à Genève.

Grand Saint-Bernard. — La direction du vent est observée à la girouette placée sur le nouveau bâtiment ; les observations se font trois fois par jour, en estimant la vitesse du vent, autant que faire se peut, suivant la demi-échelle de Beaufort.

Vu la situation de l'hospice, on n'y observe que deux vents, ceux qui correspondent aux grands courants du NE et du SW. Le calme ne s'observe que très rarement. Le *tableau XXII* fournit les résultats moyens de ces observations en ce qui concerne les deux courants, leur rapport et les calmes. Quant à la résultante des vents, son calcul a été supprimé, comme pour Genève, à partir de cette année.

XXII. Vents. — SAINT-BERNARD 1907.

Période	VENTS NE.	SW.	Rapport.	Calme sur 1000.
Déc. 1906........	129	19	6.79	0
Janv. 1907.......	138	44	3.14	0
Février..........	83	44	1.89	0
Mars	140	34	4.12	0
Avril	115	54	2.13	0
Mai	29	115	0.25	0
Juin............	78	62	1.26	0
Juillet	99	35	2.83	0
Août.............	87	60	1.45	21
Septembre.......	50	90	0.56	0
Octobre	9	175	0.05	0
Novembre	38	96	0.40	0
Décembre	57	97	0.60	0
Année mét.......	995	828	1.20	2
Année civivile....	923	906	1.02	2

VI. Pluie et neige.

Le *tableau XXIII* fournit, pour *Genève*, les données relatives à l'eau tombée, et pour le *Grand Saint-Bernard*, celles relatives à la fois à l'eau recueillie et à la neige. Le petit tableau suivant donne, en outre, les hauteurs de *neige* mesurées en 1907 à l'*observatoire de Genève*. Elles sont inférieures à ce qu'elles étaient l'année précédente, mais supérieures à la chute totale de neige de 1905.

Neige à Genève en 1907.

cm.			
16	en décembre	1906 en	5 jours
11	» janvier	1907 »	4 »
25	» février	» »	4 »
.....	.....	.....	.....
6	» décembre	» »	1 »
52	dans l'année météorologique en		13 jours
42	» » civile	»	9 »

XXIII. Pluie et neige. 1907.

PÉRIODE	Genève. Nombre de jours.	Genève. Eau tombée. mm	Genève. Nombre d'heures.	Saint-Bernard. Nombre de jours.	Saint-Bernard. Eau tombée. mm	Saint-Bernard. Hauteur de la neige cm
Décembre 1906.	15	57.0	59	18	175.3	190
Janvier 1907 ..	11	32.5	39	15	111.0	112
Février	7	62.9	51	12	67.3	88
Mars	9	50.1	56	11	124.3	130
Avril	15	76.8	77	13	112.9	74
Mai	14	94.3	60	16	136.4	57
Juin	13	148.9	82	13	107.4	3
Juillet	8	50.0	47	8	158.6	47
Août	9	84.9	34	8	127.8	0
Septembre	9	56.0	29	7	115.7	0
Octobre	16	127.8	75	19	367.0	134
Novembre	11	35.2	31	8	88.8	51
Décembre	19	121.8	75	12	203.5	196
Hiver	33	152.4	149	45	353.6	390
Printemps	38	221.2	193	40	373.6	261
Eté	30	283.8	163	29	393.8	50
Automne	36	219.0	135	34	571.5	185
Année météorol	137	876.4	640	148	1692.5	886
Année civile ..	141	941.2	656	142	1720.7	892

Le *tableau XXIV* indique les écarts entre les moyennes de Plantamour et les totaux de 1907 pour le nombre de jours de pluie et pour la hauteur d'eau tombée, aux deux stations, dans les divers mois, les saisons et l'année.

Contrairement à ce que nous constations pour 1906, année très sèche à Genève et sèche au Saint-Bernard, l'année 1907 est une année humide, plus humide que 1905 à Genève et presque aussi humide que 1905 au Saint-Bernard. C'est encore plus vrai pour l'année civile que pour l'année météorologique.

A *Genève*, l'automne, seul d'entre les saisons, fournit un peu moins d'eau que la moyenne. Au *Grand*

XXIV. Écarts avec les moyennes de précipitations. 1907.

PÉRIODE	Genève. Jours de pluie.	Genève. Eau tombée. mm	Grand St-Bernard. Jours de pluie.	Grand St-Bernard. Eau tombée. mm
Décembre 1906	+ 6	+ 6.0	+ 10	+ 102.2
Janvier 1907	+ 1	- 16.3	+ 4	- 18.1
Février	- 1	+ 26.4	+ 3	- 26.3
Mars	- 1	+ 2.9	0	+ 27.4
Avril	+ 4	+ 20.0	+ 2	- 7.2
Mai	+ 2	+ 15.1	+ 5	+ 16.3
Juin	+ 2	+ 73.0	+ 3	+ 6.0
Juillet	- 1	- 20.8	- 1	+ 83.5
Août	- 1	+ 4.5	- 1	+ 42.0
Septembre	- 1	- 38.3	- 2	- 0.3
Octobre	+ 4	+ 26.8	+ 9	+ 224.7
Novembre	0	- 38.8	- 2	- 9.7
Décembre	+ 10	+ 70.8	+ 4	+ 130.4
Hiver	+ 6	+ 16.1	+ 17	+ 57.8
Printemps	+ 5	+ 38.0	+ 7	+ 36.5
Eté	0	+ 56.7	+ 1	+ 131.5
Automne	+ 3	- 50.3	+ 5	+ 214.7
Année météorol.	+ 14	+ 60.5	+ 30	+ 440.5
Année civile	+ 18	+ 125.3	+ 24	+ 468.7

Saint-Bernard toutes les saisons sont trop humides. Le mois le plus humide, absolument et relativement, est juin à Genève, octobre au Saint-Bernard. Le mois le plus sec, absolument parlant, est janvier à Genève ; au point de vue relatif ce sont septembre et novembre. Au Saint-Bernard février est le mois le plus sec, absolument et relativement.

Le nombre des jours de pluie est très supérieur à la moyenne, surtout au Saint-Bernard. L'été est la seule saison où ce nombre est conforme à la moyenne. Le maximum de jours de pluie se trouve en octobre et dans les deux mois de décembre 1906 et 1907, avec de légères variations suivant la station.

La *statistique de la pluie* a été, comme d'ordinaire, poussée plus loin pour les observations de *Genève*.

Le *tableau XXV* donne, pour chaque mois, la plus longue période de sécheresse, ou le nombre maximum de jours consécutifs sans pluie et la plus longue période pluvieuse, ou le nombre maximum de jours consécutifs où la pluie a été recueillie. La plus longue période de sécheresse est en juillet ; les plus longues périodes pluvieuses ne sont que de six jours, en hiver, au printemps et en été.

Le même tableau indique le nombre de jours où la hauteur de pluie mesurée a été inférieure à 1^{mm} et à 1/4 de millimètre. Ces nombres sont semblables à ceux de l'année précédente. — Enfin, ce tableau donne le maximum de pluie recueilli chaque mois; quant au nombre de jours où la hauteur d'eau tombée a atteint ou dépassé 30 millimètres, il est de deux cette année, en juin.

Comme complément à ces indications, il sera intéressant de noter ici, comme précédemment, le relevé des plus violentes averses enregistrées durant un court espace de temps au pluviomètre d'Usteri-Reinacher ; elles sont du reste peu nombreuses.

Date, 1907	mm.	min.	mm. par min.
juin 29	5	2	2.5
juillet 6	9	3	3.0
» 7	2	4	0.5
août 6	8	5	1.6
» 10	4	8	0.5

Le *tableau XXVI* a pour but de permettre la comparaison des différents mois entre eux et des quatre saisons entre elles au point de vue des précipitations atmosphé-

XXV. Périodes de sécheresse et de pluie. — GENÈVE, 1907.

Période.	Périodes de sécheresse		Périodes pluvieuses.		Pluie dans 24 heures au-dessous de 1mm	Pluie dans 24 heures au-dessous de 0mm.25.	Pluie dans 24 heures Maximum. mm	Pluie dans 24 heures Chute dépassant 30 mm.
Décembre 1906..	10 jours	(15-24)	6 jours	(30 novembre-5)	4 jours	1 jour	9.8 le 13	—
Janvier 1907	11 »	(12-22)	5 »	(31 décembre-4)	4 »	1 »	9.2 le 29	—
Février.........	11 »	(1-11)	3 »	(19-21)	1 »	0 »	23.7 le 12	—
Mars...........	14 »	(20-2 avril)	4 »	(8-11)	2 »	0 »	24.8 le 10	—
Avril...........	8 »	(18-25)	6 »	(12-17)	5 »	0 »	15.2 le 9	—
Mai............	5 »	(9-13, 17-21)	4 »	(26-29)	5 »	2 »	23.6 le 29	—
Juin	7 »	(14-20)	6 »	(31 mai-5)	3 »	1 »	37.8 le 12	2
Juillet	16 »	(9-24)	4 »	(5-8)	0 »	0 »	13.2 le 1	—
Août...........	8 »	(20-27)	2 »	(6-7, 15-16, 28-29)	2 »	2 »	25.8 le 15	—
Septembre......	8 »	(4-11)	4 »	(31 août-3)	1 »	1 »	13.0 le 3	—
Octobre	6 »	(17-22)	5 »	(5-9)	1 »	0 »	23.7 le 8	—
Novembre......	9 »	(14-22)	4 »	(23-26)	5 »	1 »	11.5 le 11	—
Décembre	8 »	(16-23)	8 »	(3-10)	4 »	1 »	18.5 le 6	—
Année météorol.	16 jours	(9-24 juillet)	6 jours	(Décembre, avril et juin)	33 jours	9 jours	3.78 le 12 juin	2
Année civile....		id.	8 »	(3-10 décembre 1907)	33 »	9 »	id.	2

XXVI. GENÈVE, 1907.

Période.	Durée relative de la pluie.	Nombre moyen d'heures par jour.	Eau tombéee dans 1 heure.
		h	mm
Décembre 1906	0.079	3.93	0.97
Janvier 1907	0.052	3.55	0.83
Février	0.076	7.29	1.23
Mars.	0.075	6.22	0.89
Avril	0.107	5.13	1.00
Mai	0.081	4.29	1.57
Juin	0.114	6.31	1.82
Juillet	0.063	5.87	1.06
Août	0.046	3.78	2.50
Septembre	0.040	3.22	1.93
Octobre	0.101	4.60	1.70
Novembre	0 043	2.82	1.14
Décembre...........	0.101	3.95	1.62
Hiver	0.069	4.52	1.02
Printemps	0.087	5.08	1.15
Eté	0.074	5.43	1.74
Automne	0.062	3.75	1.62
Année météorol	0.073	4.67	1.37
Année civile	0.075	4.65	1.43

riques. Il est, à cet effet, calculé de façon à éliminer les inégales durées des mois et des saisons. On y trouve : 1° la *durée relative de la pluie*, ou la fraction obtenue en divisant le nombre d'heures de pluie par le nombre total d'heures de la période ; 2° le *nombre moyen d'heures de pluie* par jour de pluie, obtenu en divisant, pour chaque période, le nombre d'heures de pluie par le nombre de jours de pluie ; 3° *l'eau tombée dans une heure*, obtenue en divisant la hauteur d'eau tombée durant la période par le nombre d'heures de pluie de la période ; ce dernier chiffre représente donc l'intensité moyenne de la précipitation.

La *tableau XXVII* contient le relevé général des obser-

XXVII. Stations pluviométriques du canton de Genève. 1907.

Station :	*Céligny*	*Collex*	*Chambésy*	*Châtelaine*	*Satigny*	*Athenaz*	Compesieres	*Veyrier*	*Genève*	*Cologny*	*Puplinge*	*Jussy*	*Hermance*
Altitude :	424 m.	440 m.	433 m.	425 m.	465 m.	428 m.	478 m.	423 m.	406 m.	452 m.	445 m.	470 m.	380 m.
Observat. : M.	Ch. Posson	G. André	L. Perrot	Ch. Platel	Fr. Coppel	J.-J. Decor	G. Babel	B. Babel	Observatoire	R. Gautier	A. Dunant	J. Micheli	Ch. Nyauld
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1906..	112.0	84.7	73.3	62.1	86.0	69.0	55.2	59.5	57.0	58.5	48.2	58.0	64.3
Janv. 1907.	60.6	50.9	36.9	37.6	49.5	38.0	24.1	30.9	32.5	29.1	29.5	29.3	33.2
Février....	83.3	62.3	59.9	59.8	84.6	63.0	65.4	63.1	62.9	58.7	61.8	53.2	67.7
Mars......	69.1	64.3	55.9	45.5	67.9	51.0	63.1	54.4	50.1	48.4	43.4	44.8	62.2
Avril......	102.7	84.8	87.0	87.8	82.9	70.8	79.1	76 9	76.8	81.3	67.7	68.9	74.8
Mai.......	90.0	101.3	85.7	85.4	96.6	76.3	69.5	75.9	94.3	85.2	80.1	90.4	90.7
Juin......	156.2	159.3	165.9	170.8	155.1	137.2	189.5	177.2	148.9	142.8	169.5	167.0	150.8
Juillet.....	29.1	44.6	45.4	49.0	48.7	44.8	61.4	59.7	50.0	48.1	45.0	53.0	45.1
Août......	64.3	67.9	66.2	59.6	39.7	53.5	58.1	62.4	84.9	69.5	74.8	70.6	83.1
Septembre.	31.2	42.6	54.1	42.3	46.5	41.3	54.1	70.5	56.0	44.2	53.3	58.3	49.4
Octobre...	143.3	163.2	148.5	144.2	165.4	153.6	154.2	127.2	127.8	132.4	111.7	123.8	135.2
Novembre..	41.7	44.8	38.9	38.7	42.6	40.1	31.2	29.8	35.2	33 0	27.6	31.6	39.8
Décembre,.	139.8	140.1	120.9	117.0	141.3	135.3	109.6	105.8	121.8	113.0	101.7	109.7	120.3
Hiver.....	255.9	197.9	170.1	159.5	220.1	170.0	144.7	153.5	152.4	146.3	139.5	140.5	165.2
Printemps.	261.8	250.4	228.6	218.7	247.4	198.1	211.7	207.2	221.2	214.9	191.2	204.1	227.7
Été.......	249.6	271.8	277.5	279.4	243.5	235.5	309.0	299.3	283.8	260.4	289.3	290.6	279.0
Automne..	216.2	250.6	241.5	225.2	254.5	235.0	239.5	227.5	219.0	209.6	192.6	213.7	224.4
An. météor.	983.5	970.7	917.7	882.8	965.5	838.6	904.9	887.5	876.4	831.2	812.6	848.9	896.3
An. civile..	1011.3	1026.1	965.3	937.7	1020.8	904.9	959.3	933.8	941.2	885.7	866.1	900.6	952.3

XXVIII. STATIONS PLUVIOMÉTRIQUES DU VAL D'ENTREMONT. 1907

Station	Martigny		Orsières		Bourg-St-Pierre		Gr. St-Bernard	
Altitude	474m		900m		1630m		2476m	
PÉRIODE	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm	cm	mm	cm	mm	cm	mm	cm
Décembre 1906.	117.3	102	86.5	68	86.8	100	175.3	190
Janvier 1907 ..	67.8	39	50.2	36	42.5	61	111.0	112
Février	30.4	23	31.6	23	53.6	65	67.3	88
Mars	55.5	1	53.5	22	43.5	71	124.3	130
Avril	35.7	—	45.5	2	56.4	45	112.9	74
Mai	23.1	—	26.1	—	52.9	—	136.4	57
Juin	59.9	—	67.3	—	63.8	—	107.4	3
Juillet	54.8	—	87.3	—	97.3	—	158.6	47
Août	73.9	—	55.7	—	104.1	—	127.8	0
Septembre	21.1	—	29.4	—	43.0	—	115.7	0
Octobre	90.1	—	95.3	—	179.3	30	367.0	134
Novembre	10.2	—	24.0	—	3.1	3	88.8	51
Décembre	93.2	24	72.3	28	70.0	45	203.5	196
Hiver	215 5	164	168.3	127	182.9	226	353.6	390
Printemps	114.3	1	125.1	24	152.8	116	373.6	261
Eté	188.6	—	210.3	—	265.2	—	393.8	50
Automne	121.4	—	148.7	—	225.4	33	571.5	185
Année mét....	639.8	165	652.4	151	826.3	375	1692.5	886
Année civile ..	615 7	87	638.2	111	809.5	320	1720.7	892

vations faites dans les douze stations pluviométriques du canton de Genève et à l'observatoire. Partout l'année a été plutôt humide, comme à Genève même, surtout l'année civile. Je suis heureux de profiter de cette circonstance pour adresser mes sincères remerciements aux onze observateurs qui continuent à nous fournir régulièrement les hauteurs de pluie tombées sur notre petit territoire.

Le *tableau XXVIII* fournit, d'une façon analogue, les hauteurs de pluie et de neige tombées dans les quatre stations pluviométriques qui existent le long du val d'Entremont. Dans les trois localités de la vallée, l'année

XXIX. Orages. — GENÈVE, 1907.

PÉRIODE	Jours de tonnerre.	Jours d'éclairs sans tonnerre.	Grêle
Décembre 1906	—	—	—
Janvier 1907	—	—	—
Février	—	—	—
Mars	—	—	—
Avril	1	—	—
Mai	4	2	—
Juin	4	—	1 le 29
Juillet	2	1	—
Août	6	—	1 le 6
Septembre	3	—	—
Octobre	1	—	—
Novembre	—	—	—
Décembre	—	—	—
Année météorol	21	3	2
Année civile	21	3	2

semble avoir été à peu près normale. J'exprime aussi ma reconnaissance aux observateurs de ces stations, qui veulent bien nous communiquer régulièrement le relevé de leurs mesures.

Le *tableau XXIX* indique le nombre de *jours d'orage* ou *jours de tonnerre* à Genève, ainsi que le nombre de jours où des *éclairs* ont été vus à l'horizon sans que le bruit du tonnerre fût perceptible. Le nombre des orages proprement dits est inférieur au nombre moyen déduit par Plantamour des années de 1847 à 1875 (25). Il y a eu deux cas de *grêle* constatés en 1907 à Genève, en juin et en août, mais qui n'ont pas fait de dégâts appréciables.

VII. Nébulosité.

La nébulosité s'exprime par les nombres de *zéro* à *dix* : *zéro* correspond à un ciel entièrement clair, *dix* à

XXX. Nébulosité. 1907.

	Genève					Saint-Bernard				
Période.	Jours clairs	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours couverts	Nébulosité moyenne	Jours clairs	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours couverts	Nébulosité moyenne
Déc. 1906.	2	6	2	21	8.1	11	6	4	10	4.8
Janv. 1907.	2	5	2	22	7.9	11	4	6	10	5.0
Février....	1	1	7	19	8.1	11	3	4	10	4.8
Mars......	13	4	2	12	4.8	13	6	3	9	4.5
Avril......	5	6	5	14	6.7	5	7	5	13	6.2
Mai.......	2	8	6	15	6.9	5	8	5	13	6.3
Juin	4	7	7	12	6.3	6	9	5	10	5.8
Juillet .. .	9	10	3	9	4.9	5	10	7	9	5.7
Août	15	7	5	4	3.6	12	8	5	6	4.0
Septembre.	5	10	8	7	5.2	10	6	1	13	5.3
Octobre ...	2	6	7	16	7.1	2	3	5	21	8.0
Novembre.	1	5	4	20	8.1	16	3	3	8	4.1
Décembre .	3	5	3	20	7.5	12	5	3	11	5.1
Hiver.....	5	12	11	62	8.0	33	13	14	30	4.9
Printemps.	20	18	13	41	6.1	23	21	13	35	5.7
Eté.......	28	24	15	25	4.9	23	27	17	25	5.2
Automne..	8	21	19	43	6.8	28	12	9	42	5.8
Année mét.	61	75	58	171	6.4	107	73	53	132	5.4
» civile	62	74	59	170	6.4	108	72	52	133	5.4

un ciel entièrement couvert. La mesure de la nébulosité se fait, à *Genève*, aux six observations diurnes, au *Grand Saint-Bernard*, trois fois par jour. La moyenne de ces six, ou trois observations, donne la moyenne diurne de la nébulosité, représentée par un chiffre sans fraction. Pour les mois, les saisons et l'année, la nébulosité est exprimée par la moyenne des nébulosités de tous les jours de la période. Le chiffre principal est alors accompagné de dixièmes.

Dans le *tableau XXX*, la *nébulosité* ou l'état du ciel est exprimée de deux façons pour les deux stations : à la cinquième colonne, par la nébulosité moyenne, puis, dans les quatre premières, par une classification des jours de la période en *clairs*, *peu nuageux*, *très*

nuageux et *couverts*. Ces désignations comprennent les jours dont la nébulosité s'exprime par un certain nombre des onze chiffres qui représentent la nébulosité : les chiffres 0, 1 et 2 correspondent aux jours clairs ; 3, 4 et 5, aux jours peu nuageux ; 6 et 7, aux jours très nuageux ; 8, 9 et 10, aux jours couverts.

Le *tableau XXXI* fournit les écarts de la nébulosité aux deux stations par rapport aux moyennes calculées par Plantamour sur les observations des années de 1847 à 1875 pour Genève, et de 1846 à 1867 pour le Grand Saint-Bernard. Ces moyennes figurent également dans le tableau, multipliées par 10 pour les ramener à la nouvelle échelle adoptée depuis l'année 1901.

A *Genève*, la nébulosité a été, en moyenne, supérieure à la normale de Plantamour. La majorité des mois et toutes les saisons présentent des écarts positifs. Le mois le plus nébuleux a été février, avec le même chiffre que décembre 1906 et novembre 1907. Le mois le moins nébuleux au point de vue relatif a été mars, et le plus clair, absolument parlant, a été août.

Au *Grand Saint-Bernard*, l'année a été plus claire que la moyenne de Plantamour. Les deux saisons extrêmes sont normales, le printemps et l'été sont très clairs. Il n'y a que trois mois qui présentent des écarts positifs et le plus fort est en octobre, mois très nuageux à la montagne cette année. Le mois le plus clair, au point de vue absolu et relatif, a été août, comme à Genève.

Le *tableau XXXII* donne, pour *Genève*, le nombre de jours de brouillard observés. Il y en a seulement les deux tiers de la moyenne de Plantamour (33) pour l'année météorologique et un peu plus pour l'année civile.

XXXI. Écarts de la nébulosité. 1907.

PÉRIODE	GENÈVE		SAINT-BERNARD	
	Moyennes 1847-1875	Ecarts pour 1907	Moyennes 1846-1867	Ecarts pour 1907
Décembre 1906....	8.3	– 0.2	4.5	+ 0.3
Janvier 1907	7.9	0.0	5.0	0.0
Février	6.7	+ 1.4	5.3	– 0.5
Mars	6.1	– 1.3	5.9	– 1.4
Avril	5.8	+ 0.9	6.7	– 0.5
Mai	5.8	+ 1.1	6.9	– 0.6
Juin	5.4	+ 0.9	6.5	– 0.7
Juillet	4.4	+ 0.5	5.5	+ 0.2
Août	4.7	– 1.1	5.8	– 1.8
Septembre	4.9	+ 0.3	5.8	– 0.5
Octobre...........	6.9	+ 0.2	6.1	+ 1.9
Novembre.........	7.8	+ 0.3	5.4	– 1.3
Décembre	8.3	– 0.8	4.5	+ 0.6
Hiver.............	7.6	+ 0.4	4.9	0.0
Printemps	5.9	+ 0.2	6.5	– 0.8
Eté...............	4.8	+ 0.1	5.9	– 0.7
Automne	6.6	+ 0.2	5.8	0.0
Année météorol ...	6.2	+ 0.2	5.8	– 0.4
Année civile	6.2	+ 0.2	5.8	– 0.4

XXXII. Brouillard. Genève, 1907.

PÉRIODE	Brouillard tout le jour.	Brouillard une partie de la journée.	Nombre total.
Décembre 1906	1	1	2
Janvier 1907	—	—	—
Février	—	2	2
Mars	—	1	1
Avril	—	1	1
Mai	—	—	—
Juin..............	—	—	—
Juillet	—	—	—
Août	—	—	—
Septembre	—	5	5
Octobre...........	—	2	2
Novembre.........	1	8	9
Décembre	1	5	6
Année météorol ...	2	20	22
Année civile	2	24	26

VIII. Durée d'insolation.

Le *tableau XXXIII* permet de suivre, heure par heure, la *marche diurne de la durée d'insolation* pour les treize mois, les saisons et l'année météorologique et civile 1907, la onzième durant laquelle a fonctionné l'héliographe. Il donne, dans ses deux dernières colonnes, la durée totale d'insolation en heures et les moyennes diurnes d'insolation pour les différentes périodes de l'année.

Le minimum absolu et relatif tombe, comme c'est le cas en général, sur les mois de décembre 1906 et de janvier 1907. Décembre 1907 a été remarquablement clair. Le maximum absolu et relatif tombe sur le mois d'août qui, comme nous l'avons déjà vu, a été clair.

Le total général de l'insolation pour l'année est, à moins de cinq heures près, conforme à la moyenne des dix années de 1897 à 1906.

Le *tableau XXXIV* permet d'apprécier la différence de la durée d'insolation entre le matin et l'après-midi. Comme l'appareil est réglé sur le temps solaire vrai, les périodes d'insolation *théoriques* sont égales ; les périodes *réelles* sont sensiblement différentes. Elles sont représentées dans le tableau, ainsi que la différence *soir — matin*, de deux façons différentes : en *heures* et en *pour cent* du total d'heures d'insolation.

La prédominance de l'insolation dans l'après-midi continue à se manifester d'une façon constante pour l'année et pour les saisons ; elle est naturellement plus faible en été.

Le *tableau XXXV* a été constitué comme les années

XXXIII. Marche diurne de la durée d'insolation. GENÈVE, 1907.

PÉRIODE	MATIN 5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	SOIR 12-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	Durée d'insolation	Moyenne diurne
	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Déc. 1906..	—	—	—	1.2	4.4	6.1	6.9	6.4	6.2	5.0	1.7	—	—	—	37.9	1.22
Janv. 1907.	—	—	—	1.2	3.1	4.5	5.7	7.1	6.3	6.9	5.8	—	—	—	40.6	1.31
Février....	—	—	0.2	2.5	4.5	4.3	5.3	7.2	10.5	11.5	8.7	3.6	—	—	58.3	2.08
Mars	—	—	7.5	13.6	14.5	15.6	16.9	17.4	20.4	20.8	20.1	17.3	3.6	—	167.7	5.41
Avril......	—	5.2	10.4	13.8	17.2	17.0	16.5	16.5	15.1	13.9	13.2	13.6	8.6	1.4	162.4	5.41
Mai.......	0.3	6.5	10.0	11.7	14.7	15.4	17.5	17.8	15.6	14.1	11.8	11.8	11.5	3.1	161.8	5.22
Juin	2.8	10.4	15.2	20.6	20.8	18.5	18.7	20.9	20.5	19.0	16.7	16.7	14.3	5.1	220.2	7.34
Juillet.....	0.9	14.8	18.9	19.5	21.5	22.3	22.8	24.7	24.5	22.6	22.6	21.4	19.4	6.6	262.5	8.47
Août......	0.9	15.5	21.5	24.0	23.7	26.2	25.6	24.4	26.4	24.9	25.9	24.1	20.4	2.9	286.4	9.24
Septembre.	—	1.8	8.6	13.3	15.7	18.9	19.7	22.0	21.7	21.3	17.8	16.3	6.3	—	183.4	6.11
Octobre ...	—	—	2.0	6.8	10.2	12.2	14.1	14.3	13.3	10.5	9.2	3.4	—	—	96.0	3.10
Novembre .	—	—	—	0.3	4.8	7.9	9.6	7.3	7.1	7.5	5.6	0.4	—	—	50.5	1.68
Décembre..	—	—	—	0.4	2.9	6.3	7.6	10.3	12.2	9.6	1.7	—	—	—	51.0	1.65
Hiver	—	—	0.2	4.9	12.0	14.9	17.9	20.7	23.0	23.4	16.2	3.6	—	—	136.8	1.52
Printemps.	0.3	11.7	27.9	39.1	46.4	48.0	50.9	51.7	51.1	48.8	45.1	42.7	23.7	4.5	491.9	5.35
Eté	4.6	40.7	55.6	64.1	66.0	67.0	67.1	70.0	71.4	66.5	65.2	62.2	54.1	14.6	769.1	8.36
Automne..	—	1.8	10.6	20.4	30.7	39.0	43.4	43.6	42.1	39.3	32.6	20.1	6.3	—	329.9	3.63
Année mét.	4.9	54.2	94.3	128.5	155.1	168.9	179.3	186.0	187.6	178.0	159.1	128.6	84.1	19.1	1727.7	4.73
Année civ..	4.9	54.2	94.3	127.7	153.6	169.1	180.0	189.9	193.6	182.6	159.1	128.6	84.1	19.1	1740.8	4.77

XXXIV. Durée d'insolation avant et après midi. GENÈVE, 1907.

Période	MATIN nombre d'heures	MATIN °/o	SOIR nombre d'heures	SOIR °/o	DIFFÉRENCE Soir—Matin nombre d'heures	DIFFÉRENCE Soir—Matin °/o
Décembre 1906	18.6	49.1	19.3	50.9	+ 0.7	+ 1.8
Janvier 1907 ..	14.5	35.7	26.1	64.3	+11.6	+28.6
Février	16.8	28.8	41.5	71.2	+24.7	+42.4
Mars	68.1	40.6	99.6	59.4	+31.5	+18.8
Avril	80.1	49.3	82.3	50.7	+ 2.2	+ 1.4
Mai	76.1	47.0	85.7	53.0	+ 9.6	+ 5.9
Juin	107.0	48.6	113.2	51.4	+ 6.2	+ 2.8
Juillet	120.7	46.0	141.8	54.0	+21.1	+ 8.0
Août	137.4	48.0	149.0	52.0	+11.6	+ 4.0
Septembre	78.0	42.5	105.4	57.5	+27.4	+14.9
Octobre.......	45.3	47.2	50.7	52.8	+ 5.4	+ 5.6
Novembre.....	22.6	44.8	27.9	55.2	+ 5.3	+10.5
Décembre.....	17.2	33.7	33.8	66.3	+16.6	+32.5
Hiver.........	49.9	36.5	86.9	63.5	+37.0	+27.0
Printemps	224.3	45.6	267.6	54.4	+43.3	+ 8.8
Eté...........	365.1	47.5	404.0	52.5	+38.9	+ 5.1
Automne......	145.9	44.2	184.0	55.8	+38.1	+11.5
Année mét....	785.2	45.5	942.5	54.6	+157.3	+ 9.1
Année civile ..	783.8	45.0	957.0	55.0	+173.2	+10.0

précédentes, pour faire ressortir, entre la nébulosité et la durée d'insolation, la relation établie par Billwiller[1], qui avait trouvé que la valeur de la nébulosité moyenne d'une période est à peu de choses près égale au rapport entre les heures de non-insolation ($t-i$) et le total d'heures d'insolation théoriquement possible (t).

Les colonnes du tableau XXXV s'expliquent ainsi facilement. Dans la deuxième, le rapport $\frac{t-i}{t}$ a été multiplié par dix afin d'être rendu comparable à la nébulosité moyenne de chaque période dont les valeurs ont été empruntées au tableau XXX.

[1] *Archives*, 1889, t. XXI, p. 404.

XXXV. Comparaison de la durée de non-insolation a la nébulosité moyenne. GENÈVE, 1907.

Période	Durée théorique d'insolation t h	Rapport $\frac{t-i}{t} \times 10$	Nébulosité moyenne	Différence
Décembre 1906	270	8.6	8.1	+ 0.5
Janvier 1907 ..	282	8.6	7.9	+ 0.7
Février	291	8.0	8.1	- 0.1
Mars	371	5.5	4.8	+ 0.7
Avril	408	6.0	6.7	- 0.7
Mai	465	6.5	6.9	- 0.4
Juin..........	471	5.3	6.3	- 1.0
Juillet	475	4.5	4.9	- 0.4
Août	437	3.4	3.6	- 0.2
Septembre	375	5.1	5.2	- 0.1
Octobre.......	338	7.2	7.1	+ 0.1
Novembre.....	284	8.2	8.1	+ 0.1
Décembre	270	8.1	7.5	+ 0 6
Hiver.........	843	8.4	8.0	+ 0.4
Printemps ...	1244	6.0	6.1	- 0.1
Eté...........	1383	4.4	4.9	- 0.5
Automne......	997	6.7	6.8	- 0.1
Année mét ...	4467	6.1	6.4	- 0.3
Année civile...	4467	6.1	6.4	- 0.3

Cette année encore, il ressort de la dernière colonne du tableau que la relation n'est pas très exacte pendant toute l'année. Cela s'explique bien, pour une partie des mois, par le fait que les observations du soir entrent dans le calcul de la nébulosité et qu'à ce moment là le soleil ne luit plus. A noter cependant que la discordance maximum s'observe cette année en juin, dans le mois où les jours sont le plus longs.

L'enregistreur d'insolation du château du Crest, à Jussy, dont M. Jules Micheli veut bien nous communiquer régulièrement les résultats d'observation, a fourni, en 1907, les durées d'insolation du *tableau XXXVI*.

XXXVI. Durée d'insolation a Jussy, 1907.

	h.		h.
Décembre 1906	53.3	Juin 1907	203.9
Janvier 1907	50.8	Juillet	273.9
Février	66.2	Août	288.4
Mars	169.8	Septembre	177.6
Avril	153.6	Octobre	102.3
Mai	173.0	Novembre	62.5
		Décembre	67.9
Hiver	170.3	Eté	766.2
Printemps	496.4	Automne	342.4
Année mét.	1775.3	Année civ.	1789.9

Le total d'insolation de Jussy est de nouveau en 1907, supérieur à celui de Genève. Il n'y a de différence en sens inverse que pour les mois d'avril, de juin et de septembre.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Assemblée générale du samedi 20 juin 1908, à Moudon.

Faes. La lutte contre les parasites en agriculture. — L. Pelet et Ch. Jess. Ascension capillaire. — Ed. Bugnion. L'exploitation de la cire d'insecte en Chine. — J. Amann. Conductibilité et réfraction. — Paul Dutoit. Acides volatils dans les vins vieux. — F.-A. Forel. Poste aux hirondelles.

La série des communications scientifiques commence, ainsi que le veut la coutume, par un exposé présidentiel. M. Faes traite de la *lutte contre les parasites en agriculture. (Voir aux Mémoires).*

MM. L. Pelet et Ch. Jess ont étudié l'*ascension capillaire* de solutions neutres de diverses matières colorantes. Dans des conditions toujours identiques les résultats obtenus sont les suivants : le poids moléculaire élevé des grosses molécules organiques n'a pas d'influence sensible. L'ascension capillaire est d'autant plus grande que l'absorption par la cellulose est plus faible. Il est possible de classer les colorants acides et basiques en groupes. On constate en effet que les colorants acides ou basiques formant une solution vraie (électrolytes) ont une ascension capillaire différente. Il est aussi possible de différencier les colorants directs qui sont en fausse solution.

M. Ed. Bugnion parle ensuite de l'*exploitation de la cire d'insecte en Chine. (Voir aux Mémoires).*

M. J. Amann. *Conductibilité et réfraction.* — Lorsque, à un volume donné V*o* d'eau pure, on ajoute de l'acide chlorhydrique normal ou de la soude normale, par centimètres cubes, si l'on construit la courbe qui représente la variation de l'indice de réfraction du mélange au fur et à mesure des additions, on obtient une ligne qui correspond à la variation de la concentration :

Si, par contre, on additionne le volume V*o* d'eau pure, d'un certain volume V*a* de HCl $\frac{n}{1}$ et que l'on neutralise cet acide par l'addition graduelle de N*a*OH $\frac{n}{1}$ en mesurant l'indice de réfraction après l'addition de chaque centimètre cube, la courbe qui représente la variation de l'indice offre une allure tout à fait différente qui rappelle tout à fait celle qui correspond aux conductibilites électriques, malgré la différence de nature des deux propriétés réfraction et conductibilité, dont la première est constitutive et la deuxième essentiellement additive.

Dans le cas de la saturation fractionnée de HCl $\frac{n}{1}$ par N*a*OH $\frac{n}{1}$, la courbe des indices s'élève régulièrement et lentement jusqu'au point qui correspond à la saturation exacte, à partir duquel elle présente un point d'inflexion très net correspondant à un changement de direction et à une élévation très rapide de l'indice :

30 cc Eau + 5 cc HCl

Saturation fractionnée par N*a*OH $\frac{n}{1}$ ·

ccN*a*OH	Indices	Δ
0	1.33435	+ 0.00000
1	33435	1
2	33436	1
3	33437	2
4	33439	4
5 (Saturation)	33443	31
6	33474	20
7	33494	

Dans le cas de la saturation fractionnée de $NaOH \frac{n}{1}$ par $HCl \frac{n}{1}$, l'allure de la courbe est différente en ce que l'indice de réfraction va en *diminuant* jusqu'au point de saturation, pour s'élever ensuite rapidement :

30 cc Eau + 5 cc$NaON \frac{n}{1}$

Saturation fractionnée par $HCl \frac{n}{1}$

ccHCl	Indices	Δ
0	1.33480	— 0.00004
1	33476	6
2	33470	8
3	33462	8
4	33454	6
5 (Saturation)	33447	+ 0.00011
6	33458	16
7	34474	

Avec des acides et des bases demi-normales, les points d'inflexion de la courbe des indices sont encore bien distincts. Pour des concentrations moindres, ils deviennent peu marqués.

De même pour des mélanges d'acides différents saturés par une base, ou des mélanges de bases différentes saturées par un acide, les points de la courbe des indices correspondant à la saturation des différents acides ou des différentes bases, ne sont caractéristiques que pour les acides ou les bases fortes. Cette méthode de mesure des indices de réfraction ne peut donc pas être appliquée pratiquement au dosage des différents constituants de mélanges d'acides ou de bases comme celle des conductibilités électriques proposée par M. Paul Dutoit.

M. Paul Dutoit annonce que les recherches récentes de M. Duboux ont permis d'établir que les acides volatils forts, les bases organiques et les matières tannantes en solution colloïdale, qui existent normalement dans les

vins vieux, ne se trouvent pas dans des vins de raisins secs. Si de nouvelles observations confirment ces résultats, l'analyse physico-chimique des vins serait alors d'un grand secours dans la recherche des fraudes.

M. F.-A. Forel. *Poste aux hirondelles.* — M. Forel a reçu du Dr H. Fischer-Sigwart, l'ornithologiste de Zofingue, un document qu'il a recueilli le 16 mai 1908, dans un tube de roseau attaché au cou d'une hirondelle de fenêtre; l'oiseau était venu se rendre à Mehlsäcken près Zofingue.

Le papier portait à l'avers imprimé en espagnol les mots : *Baile de Pinata* « Bal de la fête des Brandons » ; c'était une feuille découpée dans un programme de danse villageoise. Au revers, en catalan, l'inscription : *Acàn Luis Albert som passat l'estivet, Vilabertran 25 agost 1907.* En français : « Chez Louis Albert j'ai passé l'été, Vilabertran 25 août 1907 ».

Grâce à l'obligeance de collègues et d'amis, entre autres du professeur Fontseré de l'Université de Barcelone, nous avons reçu les renseignements suivants :

M. Louis Albert habite à Vilabertran, un village du district de Gerona, province de Catalogne, à cent kilomètres nord-est de Barcelone ; depuis 8 ans un couple d'hirondelles niche dans la maison. Le 15 mars 1907, ces oiseaux établirent leur nid, comme d'habitude, et la couvée aboutit à bien ; le 25 août M. Albert put saisir une des hirondelles, un des parents, dit-il, lui attacha son message et lui donna la volée.

Outre des dates intéressantes pour l'étude des migrations des oiseaux, notons le fait que l'hirondelle a gardé pendant près de neuf mois le tube qu'elle portait au cou ; qu'elle l'a charrié pendant sa migration hivernale sur terre d'Afrique et qu'elle l'a ramené, non en Catalogne, mais en Allemanie, pour se faire débarrasser à Zofingue. C'est fort encourageant pour ceux qui voudraient renouveler l'expérience.

Séance ordinaire du 8 juillet.

L. de la Rive. Les centres de gravité magnétiques. — Galli-Valerio. L'Argas persicus. — Mercanton. Exposé général du problème de l'aviation. — Jeannet. Un genre nouveau d'ammonite du gault du Jura, Jacobella Lugeoni. — Henri Dufour. Une collection de documents météorologiques. — Jules Cauderay. Nouvel interrupteur. — F.-A. Forel. Dessèchement des sources. — Porchet. Méthode de Gosio.

M. L. de la Rive fait une communication sur les deux quantités mécaniques désignées par le même terme de moment et sur les *centres de gravité magnétiques*.

Le moment d'une force par rapport à un plan est l'une des significations du terme. Le vecteur qui dans la théorie du centre de gravité d'un corps a pour direction la droite joignant l'origine des coordonnées au centre de gravité, et pour grandeur la longueur de cette droite multipliée par la masse du corps est le *moment* vecteur qui se transforme en un *moment* de rotation quand on le multiplie par une force et le sinus de l'angle de la force et du vecteur. Cette seconde signification implique une direction normale à la première. Les mêmes considérations s'appliquent à l'aimant dans un champ uniforme, mais tandis qu'on n'a considéré jusqu'ici que les centres de gravité des masses μ_1 et μ_2 négatives et positives dont se compose toute molécule magnétique, l'auteur cherche à faire entrer en ligne de compte le centre de gravité qu'il désigne par *absolu* des masses magnétiques μ' considérées comme concentrées au centre de la molécule et égales à la somme des valeurs absolues de μ_1 et μ_2 c'est-à-dire $2\ \mu_1$ ou $2\ \mu_2$. Il démontre que, quelle que soit l'aimantation, le centre de gravité absolu est au centre de la droite qui joint les deux centres négatif et positif.

Le tube d'aimantation donne lieu à une application dans la recherche du centre de gravité magnétique, par le fait que l'aimantation est un vecteur solénoïdal. Il résulte que le centre de gravité magnétique coïncide avec le centre de gravité matériel d'un filet d'épaisseur et de densité constantes, auquel on assimile le tube.

Le secrétaire lit la note suivante de M. Galli-Valerio :

« En 1907, ayant trouvé à Kairouan (Tunisie) l'*Argas persicus*, j'avais pensé qu'il pouvait servir à la transmission d'une maladie quelconque à *Spirochètes*. Le 3 mai 1908, M. le docteur Santschi pouvait récolter à Dratamar (Kairouan) quelques-uns de ces *Argas* vivants. Je les recevais à Lausanne le 7 mai 1908, et en leur faisant piquer une poule les 9, 12, 14 et 16 mai, je déterminais le développement d'une grave infection à *Spirochètes*. La *spirochétiase des poules*, n'ayant pas encore été décrite en Tunisie, j'en démontrais l'existence expérimentale à Lausanne. »

M. Mercanton fait ensuite un *exposé général du problème de l'aviation* et des résultats dernièrement obtenus pour sa solution. Il passe en revue successivement ses bases théoriques et expérimentales, traite sommairement quelques cas d'équilibre d'appareils volants et décrit enfin, en s'accompagnant de dessins schématiques, les aviateurs les plus récemment éprouvés.

Une discussion s'engage et présentation est faite par MM. Mercanton et Maillefer de quelques fruits anémophiles tirés des collections du Musée botanique.

M. Jeannet présente une étude sur *un genre nouveau d'ammonite du gault du Jura, Jacobella Lugeoni*, nov. sp. Cette intéressante espèce se rapproche par sa forme du genre *Garnieria (G. hetero-pleurum Neumayr et Uhlig)*, du Hils de l'Allemagne du Nord et du Valangien du S.-E. de la France, ainsi que des *Pulchellia (P. Reigi Nicklès)* carênés rencontrés dans le Barrêmien ; elle est néanmoins plus épaisse que les formes rapportées à ces deux genres. La cloison cératitiforme comprend 2 selles, un lobe et le commencement d'un deuxième. La selle externe n'est pas entaillée comme dans *Pulchellia* par un lobule médian. Les éléments sont tous denticulés et droits. Ce type de cloisons se trouve déjà réalisé dans *Paromiceras sternalis von Buch* du lias supérieur.

Le genre *Flickia* (Pervinquière 1907) du Cénomanien

inférieur de Tunisie, dont la forme est un peu différente présente une suture d'un type assez semblable quoique tous les éléments soient entiers et qu'il existe un lobe et une selle de plus.

M. Jeannet se demande si ce nouveau genre n'est pas un *Pulchellia* dégénéré qui serait l'ancêtre de *Flickia*.

L'auteur propose le nom de *Jacobella;* il provient des marnes albiennes à fossiles pyriteux (zone V de Jacob) de la tuilerie de Pontarlier (Doubs).

M. Henri Dufour annonce qu'il a reçu pour la bibliothèque de l'Institut agricole, de la part de M. Piot-Vittel, chef de service au département de l'Intérieur, une collection de *documents météorologiques* intéressants.

Ces documents consistent en tableaux des éléments météorologiques observés à Rolle de 1798 à 1808, puis de 1216 à 1825 et enfin de 1826 à 1833; les observations ont été faites par M. Jacques Eynard-Chatelain, père du philhellène Jean-Gabriel Eynard. Les tableaux de Jacques Eynard sont relatifs à la température, à la pression barométrique et à l'humidité de l'air; d'une étude sommaire faite jusqu'ici, M. Dufour conclut qu'on pourra extraire d'une partie de ces tableaux des éléments météorologiques intéressants, surtout pour la température, et comparables à ceux de la série des observations de Genève qui commence en 1826. Il se propose de résumer dans le Bulletin les données qu'on pourra tirer de ces tableaux.

M. Jules Cauderay présente un *nouvel interrupteur* pour l'éclairage électrique des escaliers, locaux publics, de son invention.

Cet appareil se compose :

1° D'un mouvement d'horlogerie marchant 15 jours sans avoir besoin d'être remonté.

2° De trois cadrans dont le plus grand indique l'heure, et les deux petits servent à commander la fermeture et l'ouverture du circuit des lampes à éclairer.

3° Enfin des contacts qui commandés par les petits cadrans ferment et ouvrent le circuit.

En fonctionnant, le mouvement d'horlogerie tend deux ressorts à boudin au moyen de deux cames, dans l'espace de 24 heures. A l'heure indiquée par le cadran servant à l'allumage, la came arrivant à la fin de sa course lâche le ressort à boudin qui en se détendant brusquement opère la fermeture du circuit. La même opération se fait en sens inverse pour l'ouverture.

Pour l'usage de cet appareil, au lieu du cadran habituellement employé dans les montres et pendules, j'ai dû employer la division de 24 heures, déjà employée dans plusieurs pays, mais afin de facilement distinguer les heures du jour de celles de la nuit, la surface du cercle correspondant aux heures de nuit est teintée en noir. Les aiguilles fonctionnent comme dans les horloges ordinaires.

Les petits cadrans commandant l'allumage et l'extinction sont aussi divisés en 24 heures, et pour les mettre sur l'heure voulue, il faut tourner ce cadran, qui est disposé pour cela, jusqu'à ce que l'heure désirée se trouve exactement sous l'aiguille qui, elle, reste fixe.

Les avantages de cet appareil sont : petit volume, poids restreint et prix modique.

M. Cauderay se déclare partisan de la décimalisation du jour, dont il soumet l'idée à la Société. Il diviserait le jour en 10 heures de 100 minutes de 100 secondes chacune.

M. F.-A. Forel parle du *dessèchement des sources :* En dépouillant les observations pluviométriques à Genève de 1826 à 1905 qui donnent une série de 80 ans comparables, je constate que, de 1879 à 1906, les moyennes annuelles de la courbe, adoucie par un procédé convenable, montrent une valeur supérieure à la normale. Nous sommes donc dans une phase humide ; cela semble en contradiction avec l'observation populaire qui reconnaît partout la sécheresse : toutes nos sources et fontaines sont en souffrance. Le dessèchement apparent de la plupart des pays continentaux s'explique par des faits d'hydrographie. Toute source à flanc de côteau est soumise à un décroît progressif de son débit, allant jusqu'à l'extinc-

tion complète ; ce tarissement est dû à l'élargissement, par érosion et par corrosion, des canaux souterrains où se meut la nappe des eaux phréatiques et à l'ouverture de canaux nouveaux aboutissant à un niveau inférieur. Seules les sources dont la résurgence est au fond de la vallée principale du pays sont assurées de conserver leur débit.

Enfin M. PORCHET donne un résumé des résultats obtenus dans une série de recherches faites par la *méthode de Gosio* à l'Institut d'hygiène et de parasitologie de l'Université de Lausanne.

On sait que la méthode de Gosio consiste à faire développer *Penicillum brevicaule* sur un milieu renfermant de l'arsenic. La présence de cet élément est décelée par l'odeur qui se dégage de la culture.

L'auteur a recherché si d'autres espèces pouvaient donner une réaction analogue. Dans ce but il a travaillé avec *Penicillum glaucum, Aspergillus famigatus, Aspergillus glaucus, Aspergillus niger, Mucor?* et, comme contrôle, *Penicillum brevicaule.*

Dans les conditions où ces expériences ont été faites (culture dans l'étuve à 20°, sur pain, humecté avec des solutions de $As_2\ o_2$). *P. brevicaule* a permis de déceler très nettement $\frac{1}{1000}$ mgr. $As_2\ o_3$ dans le milieu de culture et, d'une façon moins caractéristique, $\frac{1}{10000}$ mgr. $As_2\ o_3$.

Dans des conditions analogues *A. fumigatus* donne une odeur alliacée très nette en présence de mgr. $\frac{1}{10}$ mgr. $As_2\ o_3$, la raison est douteuse à $\frac{1}{100}$ mgr. et négative à $\frac{1}{1000}$ $As_2\ o_3$. *P. Glaucum* dégage une odeur d'ail très nette en présence de 1 mgr. $As_2\ o_3$, en abaissant à $\frac{1}{10}$ mgr. la teneur en $As_2\ o_3$, la réaction disparaît. *A. Glaucus*,

A. Niger, *Mucor*, n'ont provoqué d'odeur alliacée à aucune concentration.

En résumé, trois des six espèces étudiées donnent la réaction de l'arsenic avec une sensibilité variable, maximum avec *P. brevicaule*.

M. Porchet a ensuite essayé la réaction de Gosio en milieux liquides. *P. brevicaule* a été ensemencé sur liquide de Roulin, additionné de $\frac{10}{10000}$ mgr. à 10 mgr. $As_2 o_3$. Dans ces conditions *P. brevicaule* se développe mais on n'a pas constaté d'odeur alliacée à une concentration inférieure à $\frac{1}{100}$ mgr., encore celle-ci est très souvent douteuse. La réaction est très caractéristique en présence ce 1-6 mgr. $As_2 os_3$. Elle diminue d'intensité à des concentrations supérieures car le développement du champignon est gêné par une quantité trop forte d'arsenic.

L'auteur a cherché à augmenter la sensibilité des cultures en milieux liquides en étalant ceux-ci sur des grandes surfaces, soit par l'emploi de récipients à fond très large, soit par addition de sable silicieux destiné à augmenter la surface de développement. La sensibilité n'a pas pu être augmentée d'une façon appréciable.

En milieu nutritif liquide on évite presque totalement les odeurs accessoires qui, dans les cultures sur pain, masquent quelquefois l'odeur alliacée, lorsque celle-ci est très faible, mais, en revanche, la diminution de sensibilité est si nette que, pour les conditions dans lesquelles ces expériences ont été faites, il est encore plus avantageux de faire les cultures sur milieu solide et spécialement sur pain.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 1er octobre 1908.

Palibine. Cas tératologique observé chez *Doronicum Clusii.* — L. de la Rive. Sur la pression de la lumière. — C.-E. Guye et Friedericks. La viscosité des métaux aux températures basses. — F. Reverdin et de Luc. Action de l'acide sulfurique sur les nitramines aromatiques.

M. C. de Candolle présente un travail de M. J.-W. Palibine intitulé : *Anomalies florales chez Doromicum Clusii Tausch.*

Au cours d'une herborisation faite l'été dernier, M. Palibine a trouvé dans un pâturage voisin du Täschhorn, plusieurs pieds de ce Doronicum dont les capitules présentaient diverses anomalies dont la principale consistant en ce qu'il existait dans leur région moyenne une couronne composée de feuilles involucrales et de fleurs à languette semblables à celles de la base des capitules. Au premier abord on aurait pu croire qu'il s'agissait d'une prolifération ordinaire ayant donné naissance à un second capitule tel qu'il s'en produit assez fréquemment chez les Composées et qui serait demeuré sessile. Mais dans ce cas les feuilles involucrales de la couronne auraient eu la même orientation que celles de la base du capitule inférieur. Or, M. Palibine a constaté qu'elles ont une orientation précisément inverse, leur face dorsale étant dirigée vers le haut de l'inflorescence, ainsi qu'il s'en est assuré par l'étude microscopique de leurs faces et de leur structure interne, représentées dans les figures accompagnant son travail.

Des cas semblables ont déjà été observés chez d'autres Composées et M. Palibine donne une bibliographie complète du sujet. Il rappelle en particulier le curieux exemple de développement basipète signalé autrefois par Sachs dans la région supérieure d'un capitule d'*Helianthus annuus* et que ce savant attribuait à une lésion accidentelle du point végétatif du capitule. Cette explication du phénomène de l'inversion du développement ne peut évidemment pas s'appliquer au cas observé dans les capitules de Doronicum Clusii, dont il vient d'être question, puisque leur point végétatif a pris son développement normal. C'est pourquoi M. Palibine se borne pour le moment à conclure de ces faits : que le déplacement du centre de croissance vers la périphérie du capitule provoque chez les nouveaux organes des dispositions inverses de celles des feuilles évolucrales et des fleurs à languettes de la partie inférieure du capitule.

M. L. de la Rive fait une communication sur la *Pression de la lumière*. L'auteur résume les recherches théoriques et expérimentales sur ce sujet. La notion d'une pression accompagnant la propagation d'une onde, qui avait été l'objet de tentatives de vérification expérimentale au 18e siècle, puis reléguée au second plan, a été d'abord signalée par Maxwell en 1872, puis par Bartoli en 1876, et l'accord entre ces deux déductions théoriques très différentes n'a pas laissé de doute sur leur valeur. Depuis lors, le sujet a été traité par divers savants, et on a discuté en particulier le rôle de la pression dans la gravitation.

En regard de la découverte théorique de la pression dans l'onde propagée, il faut placer, avec le même degré d'importance, la vérification expérimentale de ce principe presque simultanément par Lebedew, à Moscou, et par Nichols et Hull, en Amérique, et pour apprécier les difficultés qu'elle présentait, on doit rappeler l'invention du radiomètre par Crookes, en 1873. Comme on le sait, un moulinet formé de quatre ailettes ayant une de leurs faces couverte de noir de fumée et l'autre à surface métallique

polie, tourne dans l'intérieur d'un petit ballon de forme sphérique en verre où l'on a fait un vide avancé, mais non pas aussi parfait que le comportent les moyens actuels. Une radiation le met en mouvement, et de telle manière que la face noircie semble repoussée par le rayon. Crooke ne fut pas le seul à croire que ce petit appareil constatait la pression de la lumière, mais les expériences ultérieures montrèrent que la rotation est due à la pression du gaz très raréfié. Shuster le prouva en suspendant le ballon à un fil de cocon et en observant qu'il tourne très lentement en sens inverse du moulinet, ce qui implique une action provenant des réactions des diverses parties du même système matériel. L'explication plausible est la suivante : la face noircie s'échauffe davantage que l'autre, et les particules gazeuses, en contact avec elle, l'actionnent davantage aussi.

C'était donc pour se mettre à l'abri de ce qu'on a nommé les actions radiométriques des gaz qu'il fallait trouver une méthode expérimentale plus délicate et plus sûre que celles jusqu'alors employées. Il s'agissait de constater l'existence de la pression de radiation et de vérifier que sa valeur est celle qui résulte de la formule donnée par Maxwell, $p = E/v\ [1 + \rho]$, où p est la pression, E l'énergie transmise, ρ le pouvoir réfléchissant de la surface, v la vitesse de transmission de la lumière. Chez les deux expérimentateurs, la source radiante est l'arc électrique entre les cones de charbon, dont les rayons sont transformés par une lentille en un faisceau parallèle, lequel forme l'image de l'ouverture d'un diaphragme sur un disque mobile. C'est la pression exercée par cette section du faisceau qui agit sur la balance de torsion dont fait partie le disque, à l'extrémité d'une tige, et dont la déviation angulaire est mesurée par le procédé ordinaire. La balance de torsion est placée sous une cloche cylindrique dans laquelle on fait le vide; les divers arrangements relatifs à la disposition des disques comportent toujours une symétricité aussi complète que possible par rapport à l'axe de suspension. Avec Lebedew, les disques ont 5 mm. de diamètre,

sont en platine et très minces et avec une face recouverte de noir de platine; le fil de suspension est un fil de verre de 30 cm., la cloche a 20 cm. de diamètre. Avec Nichols et Hull, les disques ont 12 cm. de diamètre, sont en verre et argentés sur une face, la cloche a 11 cm. de diamètre, le fil est un fil de quartz de 3 cm. Les constantes de la balance donnent la pression quand on connaît la déviation. La mesure de l'énergie se déduit de l'élévation de température par seconde d'un calorimètre présentant la même surface que le disque. Le pouvoir réflecteur est lui-même mesuré par des observations spéciales.

Bien que les diverses parties de l'appareil et les procédés de mesure offrent une assez grande analogie, une différence importante dans la méthode même est à signaler entre les deux travaux. Lebedew élimine les forces radiométriques en employant une cloche d'un grand diamètre et poussant le vide aussi loin que possible par la pompe à mercure et un mélange réfrigérant, et aussi par le grand pouvoir conducteur de l'ailette, qui atténue la différence de température entre les deux faces. Nichols et Hull les diminuent en expérimentant sous diverses pressions gazeuses même élevées, permettant d'étudier le rôle des forces perturbatrices et de constater que la pression de la lumière agit instantanément, tandis que celle du gaz augmente à partir de zéro pendant deux ou trois minutes. Il en résulte que la mesure balistique de la pression est presque indépendante des perturbations, et c'est le procédé qu'ils emploient.

Voici mises en regard les valeurs numériques des premières mesures, de part et d'autre suivies de recherches plus complexes, sans que les résultats aient été modifiés d'une manière importante.

Lebedew. Disque noirci, pour lequel la formule est $p = E/v$, en désignant par p_o et p_c les valeurs observées et calculées,

$$p_o = 0{,}0000408 \text{ dynes},$$

$$p_c = 7{,}74.10^8 \text{ Ergs}/ 3.10^{10} = 0{,}0000258 \text{ dynes},$$

ce qui implique une différence de 19 %.

Nicholls et Hull. Disque argenté, pour lequel la formule est $p = E/v\ [1 + 0{,}92]$,

$p_o = 1{,}05.10^{-4}$ dynes,

$p_c = 1{,}9.10^6$ Ergs/3.10^{10} = $1{,}34.10^{-4}$ dynes, ce qui implique une différence de 20 %.

D'après les conclusions de ces savants, l'existence de la pression est mise hors de doute; sa valeur quantitative n'est pas encore suffisamment établie. Théoriquement, elle est pour le rayonnement solaire à la surface de la terre de 0,4 milligrammes par mètre carré de surface.

Il y a de l'intérêt à calculer ce que cela représente par rapport au poids dans le cas d'une surface légère et mince. Un carré de 20 cm. de côté de papier à lettre pèse $3^g{,}9$, ce qui donne pour le mètre carré $82^g{,}5$; le rapport de la pression au poids est donc environ 1/20000ème.

M. le prof. C. E. Guye communique en son nom personnel et en celui de M. Fridericks les premiers résultats d'un travail sur la *viscosité des métaux aux basses températures*.

Une première série d'expériences effectuées par une méthode de torsion a montré que le frottement intérieur diminue rapidement au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'état solide idéal, c'est-à-dire que la température baisse. Pour l'argent, à la température de l'air liquide le frottement intérieur est près de 18 fois plus faible qu'à la température de zéro. A cette température le frottement est même si faible qu'on est en droit de se demander si l'amortissement résiduel n'est pas dû à une communication de force vive au support. Des expériences sont en cours d'exécution pour déterminer exactement la loi de variation du frottement intérieur au fur et à mesure que l'on se rapproche du zéro absolu.

M. Frédéric Reverdin a constaté dans deux cas particuliers, soit avec l'éther méthylique de l'acide dinitro-3-5-méthylnitramino-4-benzoïque (*Arch. des Sc. phys. et nat.*, t. 25, 1908, p. 133) et avec la trinitro-monométhylnitraniline, que l'action de l'acide sulfurique concentré sur ces

nitramines donne lieu, d'une manière inattendue, à la réduction du groupe « nitro » en groupe « nitroso ».

L'auteur explique cette réduction en tenant compte de la formation de produits secondaires qui la détermine sans doute, et se réserve d'en faire une étude plus approfondie avec d'autres nitramines aromatiques.

Séance du 5 novembre.

L. de la Rive. Sur la pression de la lumière (suite). — Battelli et Stern. Résistance des oiseaux plongeurs à l'asphyxie. — A. Pidoux. La comète 1908 C.

Une communication de M. L. DE LA RIVE fait suite à celle de la séance précédente sur la *pression de la lumière*. En premier lieu, il rappelle quelles sont les démonstrations de Maxwell et de Bartoli, cette dernière remarquable par sa simplicité et fondée sur l'évidence du travail et de l'énergie, mais qui ne donnent aucun renseignement sur le mécanisme de la propagation.

Abordant les récentes recherches expérimentales et théoriques de M. Poynting, exposées en particulier dans un mémoire publié en 1905, il en développe les principaux points. Un train d'ondes doit être considéré comme un courant de quantité de mouvement, et il y a entre la densité d'énergie et la densité de quantité de mouvement une relation consistant en ce que la seconde est égale à la première divisée par la vitesse de propagation. Ces considérations mécaniques permettent de trouver immédiatement quelle est l'action exercée sur la surface par un rayon, suivant que celui-ci est réfléchi, absorbé, ou réfracté. Il y a dans ces trois cas, en premier lieu répulsion normale, en second lieu, réaction normale et tangentielle, en troisième lieu, action du dedans vers le dehors de la surface du corps réfringeant. Ces actions ont été vérifiées expérimentalement par M. Poynting.

M. F. BATTELLI et Mlle L. STERN rapportent des recherches sur la *résistance des oiseaux plongeurs à l'asphyxie*.

Le fait que les oiseaux plongeurs résistent longtemps à l'asphyxie est connu depuis longtemps. Plusieurs auteurs le citent, sans en donner une explication sérieuse.

Ch. Richet constata le premier que le canard résiste plus longtemps à l'asphyxie dans l'eau qu'à l'asphyxie à l'air. D'après cet auteur, ceci serait dû à trois causes : au ralentissement du cœur, à l'immobilité et à un ralentissement des échanges nutritifs.

Charlier de Chily reprenant les expériences de Richet, arrive à la conclusion que la résistance plus grande du canard à l'asphyxie dans l'eau est due principalement à l'apnée.

Battelli et Stern ont repris cette question et ont étudié la manière de se comporter du canard pendant l'asphyxie sous l'eau et à l'air, en enregistant la respiration et la pression artérielle. Ils ont fait des expériences analogues sur le poulet placé dans les mêmes conditions.

A la suite de leurs recherches les auteurs arrivent aux conclusions suivantes :

La résistance plus grande du canard à l'asphyxie sous l'eau est due en premier lieu au ralentissement très fort et très rapide du cœur ; à l'immobilité et à la vasoconstriction intense.

Comparé au poulet le canard possède une excitabilité très forte du vague. Cette excitabilité entre en jeu lors de l'asphyxie en général et d'une façon plus intense dans la submersion et est la cause principale de la grande résistance des canards à l'asphyxie.

En outre le canard possède un appareil réflexe spécial mis en mouvement par le contact du bec de l'animal avec l'eau et qui amène outre le ralentissement immédiat et considérable du cœur, l'immobilité complète de l'animal et lui permet ainsi une survie plus grande.

Fait intéressant à noter : le nerf vague chez le canard présente outre son excitabilité très marquée une grande résistance à la fatigue. Il est ainsi possible d'arrêter le cœur du canard pendant longtemps (5 minutes) et tuer l'animal par l'excitation prolongée de ce nerf, ce qui est impossible chez les autres animaux à sang chaud.

M. J. Pidoux présente une communication sur la *Comète 1908 C* (voir page 502).

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

Gust. Wernicke. Elektrotechnische Messungen und Messinstrumente. *Elektrotechnik in Einzeldarstellungen*, Heft 13, 138 S., 92 Fig, i. Text. Braunschweig, Friedr. Vieweg u. Sohn, 1908.

Continuant la collection de monographies qu'elle publie sur les divers chapitres de l'electrotechnique la Maison Vieweg et fils de Brunswick vient d'éditer le 13e volume de cette série concernant les mesures électrotechniques et les instruments à l'aide desquels elles s'effectuent, dû à la plume compétente de M. G. Wernicke.

Cet ouvrage qui s'adresse en première ligne aux techniciens peut être utilisé aussi avec le plus grand fruit dans les laboratoires d'exercices pratiques des universités.

A côté de la description des diverses méthodes de mesures et des instruments qui s'y rapportent, l'auteur fait une critique serrée de leurs avantages réciproques. Cherchant à réhabiliter les méthodes et les appareils simples qui doivent évidemment être préférés aux procédés plus longs et compliqués, même pour la mesure plus délicate de courants et de tensions faibles dans les limites où il est bien nettement établi par un contrôle exact que l'on ne risque pas de sortir des limites entre lesquelles ils donnent une précision suffisante. C'est sur ce point que l'ouvrage que nous signalons donne des renseignements très utiles. Il ne suffit pas de décrire les instruments, il est très important de préciser les circonstances dans lesquelles l'emploi de tel ou tel d'entre eux est plus spécialement indiqué. C'est à ce but que vise surtout ce nouveau traité et par là qu'il se recommande aux techniciens.

CHIMIE

Analyse des travaux de chimie faits en Suisse.

St. VON KOSTANECKI et V. LAMPE. RECHERCHES DANS LE GROUPE DE LA COUMARANE I (*Ber. d. D. chem. Ges.* T. 41 p. 1330 ; Berne, Laboratoire de l'Université).

Les auteurs désiraient pour leurs recherches, trouver un mode de préparation pratique de la diméthoxy-2-5-coumarane, mais vu les difficultés que cela présentait ils se sont proposé d'étudier d'abord à ce point de vue la préparation plus facile de ses homologues ; en particulier la voie pour la synthèse de la *méthoxy-5-méthylcoumarone :*

O
CH^3O CH
$C.CH^3$

est déjà indiquée dans les travaux de Hantzsch, mais les auteurs ont simplifié son procédé de préparation en ce sens qu'ils méthylent directement par le sulfate de méthyle en présence d'un alcali le produit brut de l'action de l'acide chloracétique sur la résorcine ; ils obtiennent l'*éther éthylique de l'acide méthoxy-5-méthyl-2-coumarilique* de F. 74-75° qu'il saponifient au moyen de la lessive de potasse conc. ce qui leur fournit l'acide correspondant ; celui-ci cristallise dans l'alcool étendu en aiguilles blanches, fusibles à 190° avec dégagement de gaz. En chauffant cet acide dans une cornue il se dégage CO^2 et il distille une huile incolore constituée en majeure partie par la *méthoxy-5-méthyl-2-coumarone*, mais renfermant encore de l'acide non transformé ; ces deux composés peuvent être séparés l'un de l'autre par distillation à la vapeur d'eau qui entraine la coumarone seule. Elle est en feuillets blancs F. 58°, douée d'une odeur rappelant celle de l'absinthe et distille sans décomposition à 246° sous 705 mm. P. Elle donne par réduction au moyen du sodium métallique la coumarane correspondante, huile incolore bouillant à 245° sous 705 mm. P. Celle-ci traitée par le chlorure de vératroyle et le chlorure d'aluminium donne la *vératroyl-4-méthoxy-5-méthyl-2-coumarane F. 119-120°.*

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

des Travaux de Chimie faits en Suisse

1908

Juillet

429. Bach (A.) und Tscherniack (J.). Zur Reinigung der Peroxydase. Genf. Privatlab. und Univ.-Lab. — *Berichte* **41**. 2345.

430. Baumberger (E.). Die Eisenerze im Schweizerjura. Basel. — *Mitt. der naturf. Ges. in Bern* **1907**. 58.

353 *bis*. Bielecki (Jean) und Koleniew (Alexandre). Untersuchungen über den Einfluss der Methylgruppen auf die Färbeeigenschaften der basischen Triphenylmethanfarbstoffen. Freiburg. II. Chem. Inst. der Univ. — *Anzeiger Akad. Wiss. Krakau* **1908**. 296.

364 *bis*. Breger (Mera). Zweite Synthese des Apigenins. *Dissert.* Bern (Prof. von Kostanecki).

431. Brunner (H.) et Rapin (A.). Sur l'hydrogénisation des nitriles en solution neutre au moyen de métaux activés et de l'alliage de Devarda. Lausanne. Lab. de chimie de l'Univ. — *J. suisse de chimie* **46**. 455.

432. Brunner (H.) et Vuilleumier (V.). Sur l'acide para-aminophénolsulfonique. Sur la formation de l'isocyanure de phényle par action du pyrogallol sur le nitrobenzène en solution alcaline. Action du persulfure d'hydrogène sur des combinaisons organiques. Lausanne. Lab. de chimie de l'Univ. — *J. suisse de chimie* **46**. 434.

217 *bis*. Déléano (Nicolas-T.). Etude sur le rôle et la fonction des sels minéraux dans la vie de la plante. *Thèse*. Genève (Prof. Chodat).

433. Dusserre (C.). Essai sur l'emploi du plâtre comme engrais. Lausanne. Etabl. féd. de ch. agricole. — *Annuaire agr. de la Suisse* **1908**. 7.

434. DUTOIT (Paul) et DUBOUX (Marcel). Analyse physico-chimique des vins. Lausanne. — *Comptes rendus* **147**. 134.

435. EPHRAIM (Fritz). Ueber Alkalidoppelchloride und -bromide des Zinks. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **59**. 56.

436. FERRARIO (E.). Nuova sintesi dell' acido citrico. Ginevra. Lab. di ch. org. dell' Univ. — *Gazz. chim.* **38** (2) 99.

437. KISSINE (Dora). Sur quelques dérivés du 4-aminonaphtol-1 et de la p-amino-oxy-quinone. *Thèse*. Genève (Dr Kehrmann).

438. KÖNIG (Carl). Essais de nitration de quelques composés de la série aromatique au moyen du nitrate d'acétyle. Sur les dianthraquinolyl-phénylène-diamines. *Thèse*. Genève (Prof. Pictet et Dr Laubé).

439. KOSTANECKI (St. v.) und LAMPE (V.). Brasan aus Naphthalin. Bern. Univ.-Lab. — *Berichte* **41**. 2373.

440. LARGUIER DES BANCELS (J.). De l'influence des ferrocyanures et des ferricyanures alcalins sur la coagulation du sang. Lausanne. — *Comptes rendus* **147**. 266.

893 *bis*. LUDWINOWSKI (Samuel). Synthese des **1**-Oxy-3-methylflavons. *Dissert*. Bern (Prof. von Kostanecki).

441. LUNGE (G.). Technical chemists handbook (London) Zürich.

442. LUNGE (G.). Technical methods of chemical analysis. (London) Zürich.

581 *bis*. NITKOWSKI (Stanislaus). Zur Synthese des Fisetins. *Dissert*. Bern (Prof. von Kostanecki).

443. NUSSBERGER (G.). Chemische Analyse einer Mineralquelle in Tenigerbad. — *Jahresb. der naturf. Ges. Graubündens* **50**. 49.

444. RADOSEVIC (Radoslav). Sur la nitration du carbostyrile. *Thèse*. Genève (Dr Kaufmann).

445. SCHMIDLIN (Julius). Farbloses und farbiges Triphenylmethyl. Zürich. Chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **41**. 2471.

333 *bis*. SCHWARZENBACH (Robert). Contribution à l'étude des prasindones. *Thèse*. Genève (Dr Kehrmann).

446. SEREGENKOFF (Basile). Sur les dérivés organiques du silicium. *Thèse*. Genève (Dr Khotinsky).

447. TOBLER (Alfred). Synthese des 3-Oxy-4'-Isopropylflavonols. *Dissert*. Bern (Prof. von Kostanecki).

448. TOMI (Walter). Synthese des 1,3',4'-Trioxy-3-Methylflavons. *Dissert*. Bern (Prof. von Kostanecki).

449. WERNER (A.). Zur Theorie der Beizenfarbstoffe. Zürich. Univ.-Lab. — *Berichte* **41**. 2383.

450. WILLSTÆTTER (Richard) und MÜLLER (Fritz). Zwei Formen von Orthochinon. Zürich. Chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **41**. 2580.

Août

451. BOCKISCH (Fritz). Ueber Additionsverbindungen mehrwertiger Alkohole mit Metallsalzen. *Dissert.* Zürich (Dr Grün).

452. CONSTAM (E. J.) und KOLBE (E. A.). Studien über die Entgasung der hauptsächlichsten Steinkohlentypen. Zürich. Eidg. Prüfungsanstalt für Brennstoffe. — *J. für Gasbeleuchtung* **51**. 669. 693.

453. DUBSKY (Jean V.). Ueber basische Salze, deren Zusammensetzung und Beziehungen. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

454. DUTOIT (Paul) et DUBOUX (Marcel). Analyse physico-chimique des vins. Lausanne. — *Comptes rendus* **147**. 351.

455. GOKUN. Ueber die Beeinflussung der Viskosität der Kolloide durch Elektrolyte. Zürich. — *Zeitschr. Kolloide* **3**. 84.

456. HERRE (Erich). Ueber die 2.4-Dinitrochlorbenzol-6-sulfosäure. *Dissert.* Basel.

457. HÖBER (R.) und CHASSIN (S.). Die Farbstoffe als Kolloide und ihr Verhalten in der Niere vom Frosch. Zürich. Physiol. Inst. der Univ. — *Zeitschr. Kolloide* **3**. 76.

458. HOLLIGER (Max). Zur Bestimmung des Schwefels in Kohlen und Koks. *Dissert.* Zürich (Prof. Constam).

459. JOHN (Hans). Die Abhängigkeit der spezifischen Wärme des festen Antimons und des festen Wismuts von der Temperatur. *Dissert.* Zürich (Prof. Kleiner).

452 *bis*. KOLBE (Ernst). Ueber chemische Zusammensetzung und Verbrennungswärme der Entgasungsprodukte der hauptsächlichsten Steinkohlentypen. *Dissert.* Zürich (Prof. Constam).

460. LÜDY (F.). Eubornyl. Burgdorf. — *Pharm. Zentralhalle* **49**. 625.

461. SAMOÏLOFF (B.). Untersuchungen über den Einfluss neutraler Alkalisalze auf die Säurekatalyse und die Verseifung von Estern, sowie auf die Fällung von Eiweiss. *Dissert.* Zürich (Prof. Höber).

462. WACHSMUTH (S.). De l'influence des concentrations sur la direction des réactions chimiques. Genève. — *J. suisse de chimie* **46**. 484.

463. Warynski (T.) et Mdivani (B.). Etude sur la réduction de l'acide vanadiqne par l'iodure de potassium en présence des acides acétique et chloracétique. Genève. Lab. de ch. anal. de l'Univ. — *Monit. scient.* **22**. 527.

464. Weitbrecht (W.). Ueber die Alkaloidbestimmung in Extractum Hyoscyami. Zürich. — *Schweiz. Wochenschr.* **46**. 483.

465. Woldenberg (Maximilian). Ueber die Schwefelsäure-ester der Ricinolsäure und ihrer Derivate. *Dissert.* Zürich (Dr Grün).

466. Wyss (H. v.). Ueber das Verhalten der Bromsalze im menschlichen und tierischen Organismus. Zürich. Pharmakol. Inst. — *Arch. exper. Pathol.* **59**. 186.

Septembre

467. Battelli (F.) und Stern (L.). Ueber die Peroxydasen der Tiergewebe. Genf. Physiol. Inst. der Univ. — *Biochem. Zeitschr.* **13**. 44.

468. Baume (Georges) et Perrot (F.-Louis). Sur la densité absolue du gaz acide sulfhydrique. Genève. Lab. de ch. physique de l'Univ. — *J. ch. phys.* **6**. 610.

284 *bis*. Benderska-Jolkowski (Mme Lubow). Recherches relatives à la décomposition des tartrates calcique et barytique par les chlorures alcalins. *Thèse.* Genève (Dr Cantoni).

87 *bis*. Dutoit (Paul) et Rappeport (H.). Conductivités limites de quelques électrolytes dans l'alcool éthylique. Lausanne. Lab. de ch. physique. — *J. ch. phys.* **6**. 545.

117 *bis*. Freimann (Hans). Zur Kenntnis der Azo-Derivate des Phenols und der Phenolcarbonsäuren. *Dissert.* Zürich (Prof. Grandmougin).

446 *bis*. Khotinsky (Eugen) und Seregenkoff (Basile). Ueber die Einwirkung der magnesiumorganischen Verbindungen auf den Orthokieselsäure-äthylester. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* **41**. 2946.

281 *bis*. Klaye (R.). Recherches sur les esters nitriques de la cellulose, de l'hydrocellulose et de l'oxycellulose. *Thèse.* Zürich (Dr Berl).

469. Kostanecki (St v.) und Lampe (V.). Zur Kenntnis der Brasanchinone. Bern. Univ.-Lab. — *Berichte* **41**. 2800.

470. Oesterle (O.-A.) und Tisza (Ed.). Zur Kenntnis der dem Frangula-Emodin, Aloë-Emodin und Rheïn zu Grunde liegenden Kohlenwasserstoffe. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* **246**. 432.

78 *bis*. Schacht (Peter). Beiträge zur Synthese der Fette. Symmetrische Glyceride. *Dissert.* Zürich (Dr Grün).

471. Scheuer (Otto). Appareils pour la détermination du point de congélation des mélanges. Genève. Lab. de ch. physique de l'Univ. — *J. ch. phys.* **6**. 620.

681 *bis*. Schöler (Gustav). Ein Beitrag zur Kenntnis des wechselnden Affinitätswertes einfacher Bindungen. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

472. Schulze (E.). Einige Bemerkungen zu den Arbeiten über den Nährwert der in den Pflanzen enthaltenen Amide. Zürich. Agrik.-chem. Lab. des Polytechn. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **57**. 67.

613 *bis*. Siemiradski (Boleslaw von). Ueber die Abspaltung von Kohlenmonoxyd aus organischen Verbindungen. *Dissert.* Freiburg (Prof. Bistrzycki).

393 *bis*. Stern (Richard). Beitrag zur Chemie der Aquochromsalze. *Dissert.* Zürich (Prof. Pfeiffer).

473. Tschirch (A.) und Gauchmann (S.). Weitere Untersuchungen über die Glycyrrhizinsäure. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* **246**. 545.

474. Tschirch (A.) und Gauchmann (S.). Ueber das Vorkommen von Glycyrrhizinsäure in anderen Pflanzen Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* **246**. 558.

475. Warynski (T.) et Tcheichvili. Etude sur la réduction des solutions sulfuriques de permanganate de potassium en présence de sels minéraux. Genève. Lab. de ch. anal. de l'Univ. — *J. ch. phys.* **6**. 567.

476. Werner (A.). Ueber Jodopentamminkobaltisalze. Zürich. Univ.-Lab. — *Berichte* **41**. 3007.

477. Willstætter (Richard) und Piccard (Jean). Ueber meri-Chinon-imine. Zürich. Chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **41**. 3245.

478. Zickendraht (Hans). Untersuchungen an fluorescierenden Natriumdämpfen. Basel. Physikal. Inst. der Univ. — *Verh. der naturf. Ges. in Basel* **19**. 224 und *Physikal. Zeitschr.* **9**. 593.

479. Zipser (Walter). Der reaktive Einfluss von Carbonylgruppen auf α-ständige Atome. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE NOVEMBRE 1908

Le 5, forte bise pendant la journée.
6, forte bise depuis 7 h. du soir.
8, pluie dans la nuit et pendant la plus grande partie de la journée.
9, neige à 7 h. du matin; forte bise pendant toute la journée.
12, forte gelée blanche le matin.
13, gelée blanche le matin.
14, gelée blanche le matin et brouillard.
15, pluie à 7 h. du matin.
19, pluie depuis 7 h. du soir.
20, pluie dans la nuit et neige sur les montagnes environnantes; forte bise dans la journée.
21, gelée blanche le matin, neige de 9 h. 15 à 11 h. 10; pluie et neige dans l'après-midi.
22, pluie dans la nuit, pluie et neige le matin et pluie dans l'après-midi.
23, pluie dans la nuit, à 10 h. du matin, à 1 h., 4 h. et 7 h. du soir.
les 25 et 26, gelée blanche le matin.
le 27, forte gelée blanche le matin.
28, gelée blanche le matin; givre et verglas; brouillard pendant toute la journée.
29, brouillard pendant toute la journée.
30, brouillard le matin et le soir.

GENÈVE — NOVEMBRE 1908

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	Vent 1 h.	Vent 9 h.	Vent Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.											mm.	
1	31.1	29.8	30.7	30.66	+ 4.50	29.7	31.7	E. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	5.8	10	9	10	10	0.5	....	....
2	30.3	29.5	29.9	29.98	+ 3.82	29.1	30.6	NE. 0	NE. 1	NE. 0	NE. 1	2.5	10	10	10	10	...	....	....
3	29.1	27.7	27.0	28.24	+ 2.09	26.8	30.0	NE. 0	NE. 0	E. 0	var.	2.1	10	10	10	10	...	....	....
4	26.1	25.3	25.7	25.74	− 0.42	24.8	26.6	E. 1	ENE. 0	S. 0	var.	3.1	10	10	10	9	...	....	....
5	25.8	26.1	26.7	26.08	− 0.08	25.6	26.7	NNE. 1	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 1	9.6	10	10	10	9	...	....	....
6	26.3	25.7	26.9	26.28	+ 0.12	24.9	26.9	NE. 1	N. 1	NNE. 2	var.	7.1	10	10	10	10	...	....	....
7	25.0	23.4	20.6	23.59	− 2.58	19.8	26.3	ENE. 1	NNE. 1	NNE. 2	var.	7.1	10	10	10	10	...	....	....
8	14.3	11.8	11.8	**13.46**	**−12.72**	**10.9**	18.6	ENE. 1	NNE. 1	N. 1	var.	7.1	10	9	10	10	...	5.8	3
9	14.5	16.7	19.6	16.26	− 9.94	12.0	20.4	NNE. 1	NE. 1	NNE. 1	var.	7.3	10	10	10	10	...	17.9	**20**
10	22.5	24.5	28.2	24.24	− 1.96	20.2	28.9	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 2	**14.6**	10	10	10	10	...	....	....
11	30.1	30.8	31.7	30.41	+ 4.20	28.3	31.8	NE. 1	NE. 1	ENE. 0	NE. 1	6.3	10	10	10	10	...	....	....
12	32.7	32.4	33.0	32.59	+ 6.37	31.9	33.3	E. 0	N. 1	E 0	calme	1.3	10	10	2	8	...	....	....
13	32.0	31.2	31.4	31.73	+ 5.49	30.8	32.6	E 1	N. 1	NNW. 0	var.	1.8	2	3	0	3	5.0	....	....
14	30.8	29.7	28.9	29.88	+ 3.63	28.7	31.0	NE. 1	N. 0	E. 0	calme	1.3	3	5	0	3	3.6	....	....
15	28.7	28.9	30.1	29.14	+ 2.87	28.6	30.5	E. 1	E. 1	SE. 0	calme	0.9	10	8	10	9	0.3	9.8	1
16	31.7	31.9	32.1	31.64	+ 5.35	30.2	32.3	SE. 0	SE. 0	NNE. 0	SE. 0	1.8	10	8	10	9	...	....	....
17	32.3	32.6	34.1	32.82	+ 6.51	32.3	34.3	NE. 0	N. 1	NE. 0	var.	4.5	10	8	10	9	...	....	....
18	34.7	34.2	33.5	34.11	+ 7.77	33.0	35.1	NE. 0	NE. 1	NW. 0	calme	9.9	10	3	0	4	4.4	....	....
19	30.8	27.8	24.7	28.61	+ 2.25	24.5	32.8	WNW 0	NW. 0	N. 0	calme	0.4	10	4	10	8	1.6	....	....
20	27.2	27.3	28.9	27.52	+ 1.13	25.9	28.9	WNW 0	SSW. 2	SW. 1	SW. 1	5.8	7	10	10	8	1.9	3.6	3
21	28.0	27.3	29.6	28.17	+ 1.76	27.0	29.7	S. 1	NNE. 3	NE. 1	var.	10.4	8	7	0	7	2.7	1.1	2
22	26.7	24.0	23.4	25.35	− 1.09	22.1	29.4	SSW. 0	WNW 0	NW. 1	var.	1.8	10	9	10	9	...	**19.0**	13
23	23.6	23.9	28.9	24.52	− 1.95	21.0	29.8	SW. 0	W. 1	WNW 0	W. 1	3.0	10	10	10	10	...	3.3	5
24	34.8	34.2	34.2	33.88	+ 7.38	31.0	34.8	SSW. 1	SSW. 1	NW. 2	var.	12.6	5	9	9	9	...	....	....
25	34.6	33.3	33.4	33.85	+ 7.32	32.7	34.6	NNE. 0	NNE. 1	E. 0	var.	5.3	8	1	0	2	6.0	....	....
26	34.5	34.9	36.1	35.04	+ 8.47	34.0	36.4	SE. 0	ENE. 0	E. 0	calme	0.9	0	0	0	0	6.7	....	....
27	36.3	36.0	36.0	36.17	+ 9.57	35.6	36.9	N. 0	NNE. 0	NW. 0	calme	0.4	6	0	0	2	4.8	....	....
28	35.9	35.7	36.2	35.93	+ 9.29	35.4	36.4	WNW 0	NW. 0	NE. 0	calme	0.4	1	6	0	5	2.5	....	....
29	37.2	37.5	38.6	37.74	+11.07	36.9	38.8	E. 0	NW. 0	WNW 0	calme	0.2	10	10	10	10	...	....	....
30	39.2	38.7	38.8	**38.90**	**+12.19**	38.2	**39.2**	NNE. 0	ENE. 0	NNW. 0	calme	0.1	10	10	10	10	...	....	....
								NE. 0	NNW. 0	ENE. 0	calme	0.1	10	10	10	10	...	....	....
Mois	29.56	29.09	29.69	29.42	+ 3.57							3.98	8.3	7.6	7.0	7.8	40.0	51.5	47

Jour du mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Ecart avec la normale	Température Min.	Température Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	Fraction de Saturation en % 1 h.	Fraction de Saturation en % 9 h.	Fraction de Saturation en % Moyenne 8 Obs.	Fraction de Saturation en % Ecart av. la norm.	Fraction de Saturation en % Min.	Fraction de Saturation en % Max.	Tempér. du Rhône Midi	Tempér. du Rhône Ecart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+ 5.1	+ 7.4	+ 5.5	+ 5.88	- 1.09	+ 4.7	+ 8.3	96	80	88	90	+ 7	76	97	....	.....	1515
2	4.3	6.3	5.8	5.37	- 1.42	4.0	7.1	90	82	93	88	+ 5	75	95	12.7	+ 1.2	1495
3	4.6	7.8	6.2	6.19	- 0.42	4.3	8.5	96	85	94	91	+ 7	74	97	12.5	+ 1.1	1472
4	3.4	8.3	6.1	5.59	- 0.85	2.7	8.8	97	80	96	92	+ 8	75	98	12.4	+ 1.1	1472
5	7.5	8.3	6.9	**7.31**	+ 1.05	5.9	8.6	88	72	83	82	- 2	70	94	12.2	+ 1.1	1462
6	5.7	7.3	4.9	6.12	+ 0.03	4.0	7.8	84	77	71	79	- 5	70	88	12.0	+ 1.0	1470
7	3.8	5.4	4.4	4.46	- 1.46	3.5	6.0	82	75	80	79	- 5	70	87	11.5	+ 0.6	1440
8	2.3	4.2	2.3	3.02	- 2.72	1.5	4.8	83	82	95	90	+ 6	80	98	....	.....	1565
9	0.4	1.8	1.0	1.05	- **4.52**	0.1	2.5	96	78	82	86	+ 2	72	96	10.5	- 0.1	1455
10	0.9	3.3	2.6	1.95	- 3.45	+ 0.5	3.6	81	80	86	81	- 3	70	90	10.4	- 0.1	1450
11	+ 2.8	5.8	0.1	3.26	- 1.98	- 0.5	6.6	96	67	97	85	+ 1	65	98	10.9	+ 0.6	1450
12	- 1.7	6.7	2.1	2.65	- 2.42	- 2.0	8.0	98	74	93	88	+ 4	62	99	10.8	+ 0.6	1410
13	- 0.6	6.4	3.6	3.63	- 1.28	- 1.2	10.2	96	70	93	88	+ 4	61	98	10.8	+ 0.7	1400
14	- 0.5	5.9	5.3	3.05	- 1.69	- 1.2	7.4	100	88	96	95	+11	82	100	10.7	+ 0.7	1415
15	+ 5.3	9.7	8.2	7.21	+ 2.63	+ 4.5	10.3	97	85	86	90	+ 6	80	99	....	.....	1385
16	5.4	7.1	5.5	6.14	+ 1.72	5.1	7.8	88	80	90	86	+ 2	75	92	10.8	+ 1.1	1380
17	5.4	8.9	4.0	6.31	+ 2.05	3.0	**10.8**	94	80	93	87	+ 3	60	97	10.8	+ 1.2	1390
18	1.4	7.7	5.2	4.30	+ 0.20	0.4	9.0	95	80	90	89	+ 5	78	96	10.5	+ 1.1	1350
19	3.9	6.9	4.3	5.33	+ 1.38	3.5	8.6	90	62	83	81	- 3	60	90	10.6	+ 1.3	1350
20	+ 2.7	6.0	2.5	4.00	+ 0.21	+ 1.3	6.4	92	71	89	73	-11	48	96	10.2	+ 1.0	1345
21	- 0.5	2.7	2.5	0.79	- 2.85	- 2.2	3.8	84	89	86	89	+ 5	80	95	10.0	+ 0.9	1340
22	+ 1.2	1.0	4.5	2.14	- 1.35	+ 0.3	5.9	93	96	96	94	+10	79	98	....	.....	1355
23	8.1	6.3	7.3	7.25	+ **3.91**	5.0	8.6	57	84	53	79	- 5	49	94	9.5	+ 0.7	1350
24	+ 3.6	7.2	+ 1.6	4.91	+ 1.71	+ 0.8	9.0	80	43	78	**69**	**-16**	**40**	91	9.0	+ 0.3	1345
25	- 2.6	4.9	- 0.3	0.92	- 2.14	- 3.0	7.4	87	59	89	79	- 5	54	96	8.0	- 0.6	1350
26	- 0.6	6.3	+ 0.5	1.80	- 1.12	- 2.5	8.3	92	57	92	82	- 3	55	98	8.0	- 0.5	1335
27	- 1.7	7.5	- 1.7	+ 0.74	- 2.04	- 2.6	7.7	96	75	97	92	+ 7	74	100	8.0	- 0.4	1340
28	- 0.9	0.4	- 0.4	- **0.70**	- 3.34	- **3.3**	0.8	100	92	100	**99**	**+14**	90	100	8.0	- 0.3	1340
29	- 1.6	0.1	0.0	- 0.50	- 3.01	- 2.4	0.5	98	99	100	**99**	**+14**	95	100	....	.....	1355
30	- 1.4	+ 0.8	0.0	- 0.46	- 2.84	- 2.0	+ 1.2	100	86	92	97	+12	85	100	8.0	- 0.1	1325
Mois	+ 2.19	+ 5.68	+ 3.35	+ 3.66	- 0.89	+ 1.07	+ 6.81	91	78	89	87	+ 4			10.36	+ 0.73	1404

MOYENNES DE GENÈVE. — NOVEMBRE 1908

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	24.80	24.44	24.51	24.85	24.04	23.81	24.41	24.75	24.45
2e »	30.82	30.86	31.09	31.42	30.68	30.35	30.64	30.89	30.84
3e »	32.80	32.74	33.08	33.20	32.55	32.54	33.23	33.57	32.95
Mois	29.47	29.34	29.56	29.82	29.09	28.89	29.43	29.74	29.42

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+4.16	+3.91	+3.80	+4.71	+6.01	+5.78	+4.86	+4.31	+4.69
2e »	3.23	2.51	2.41	5.15	7.31	7.27	5.21	3.61	4.59
3e »	0.76	0.40	0.36	1.90	3.72	3.28	1.90	1.19	1.69
Mois	+2.72	+2.27	+2.19	+3.92	+5.68	+5.44	+3.99	+3.04	+3.66

Fraction de saturation en %.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
1re décade	88	88	89	85	79	82	86	88	86
2e »	92	94	95	84	76	75	84	90	86
3e »	95	94	89	86	78	83	90	90	88
Mois	92	92	91	85	78	80	87	89	87

Dans ce mois l'air a été calme 439 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{75}{14} = 5.36$.

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique.......	29.45
Nébulosité..................	7.6
Température $\frac{7+1+9}{3}$ ..	+ 3°.74
Température $\frac{7+1+2\times9}{4}$ ..	+ 3°.64
Fraction de saturation........	86 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

	mm
Press. atmosphér.. (1836-1875).	25.85
Nébulosité.. ..... (1847-1875).	7.9
Hauteur de pluie.. (1826-1875).	74mm.0
Nombre de jours de pluie. (id.).	11
Température moyenne... (id.).	+ 4°.55
Fraction de saturat. (1849-1875).	83 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	65.7	67.6	53.7	57.7	62.4	70.4	69.9

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	57.8	51.5	44.4	46.4	57.1	52.1

Insolation à Jussy : $52^h.7$.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE NOVEMBRE 1908

Le 7, brouillard le soir et neige.
8, neige.
9, brouillard matin et soir.
10, brouillard le matin.
15, neige, brouillard le soir.
16, brouillard le matin, neige l'après-midi et le soir, très fort vent.
19, neige le soir.
les 21, 22 et 23, neige.
le 23, très fort vent l'après-midi et le soir.
24, brouillard le matin.

GRAND SAINT-BERNARD — NOVEMBRE 1908

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	68.4	67.8	67.3	67.8	+ 4.5	67.0	68.5	NE. 1	SW 1	SW. 2	SW 1	0	0	0	0	....	....
2	66.8	66.6	66.4	66.6	+ 3.4	66.2	67.1	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	2	1	0	1	....	....
3	65.8	65.0	64.3	65.0	+ 1.8	64.0	66.1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	1	0	0	....	....
4	63.0	63.5	63.5	63.3	+ 0.2	63.0	63.7	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	1	8	0	3	....	....
5	62.3	63.4	63.7	63.1	+ 0.1	62.1	63.9	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
6	63.5	63.2	63.0	63.2	+ 0.2	62.1	63.7	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
7	61.3	60.3	58.4	60.0	− 2.9	58.3	61.5	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	1	2	10	4	3.0	4
8	54.4	53.1	51.0	**52.8**	**−10.1**	**50.8**	56.1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	10	10	10	6.7	8
9	51.3	52.6	55.3	53.1	− 9.7	51.0	57.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	9	10	10	0.3	....
10	58.7	61.3	62.5	60.5	− 2.2	58.0	62.7	SW. 1	SW. 2	NE. 1	SW. 1	10	8	0	6	....	....
11	63.8	64.9	65.9	64.9	+ 2.2	63.1	66.2	NE 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	1	0	0	0	....	....
12	67.0	67.9	68.9	67.9	+ 5.3	66.7	69.1	NE 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
13	68.1	68.0	68.7	68.3	+ 5.7	67.8	68.9	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	1	2	0	1	....	....
14	67.5	67.4	67.2	67.3	+ 4.8	67.0	68.0	NE. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	0	2	9	4	....	....
15	66.3	66.4	67.6	66.8	+ 4.3	66.1	67.8	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	10	10	10	3.0	2
16	68.6	69.2	69.2	69.0	+ 6.5	68.0	69.4	SW. 2	SW. 2	SW. 3	SW. 2	10	10	10	10	1.7	1
17	68.1	68.1	68.8	68.3	+ 5.9	67.8	69.1	NE. 1	SW. 1	NE. 1	NE. 1	10	1	0	4	...	....
18	68.7	68.5	67.8	68.3	+ 5.9	66.9	68.9	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	2	0	0	....	....
19	65.1	62.6	59.1	62.3	0.0	59.0	67.4	NE. 1	SW. 2	NE. 1	NE. 1	2	2	10	5	6.4	7
20	59.2	59.3	60.6	59.7	− 2.6	59.0	60.8	NE. 3	NE. 1	N. 2	NE. 2	10	9	10	10	0.6	1
21	60.3	58.2	60.8	59.8	− 2.5	58.0	61.0	NE. 2	NE. 2	NE. 1	NE. 2	9	10	10	10	6.9	7
22	60.0	59.6	60.3	59.9	− 2.3	59.4	60.9	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	**46.0**	**53**
23	57.4	56.2	59.2	57.6	− 4.5	56.0	62.4	NE. 2	NE. 4	NE. 4	NE. 3	10	10	10	10	6.8	7
24	65.6	65.5	66.4	65.8	+ 3.7	64.9	66.9	NE. 2	NE. 1	NE. 2	NE. 2	10	8	0	6	....	....
25	67.6	67.6	67.7	67.6	+ 5.5	67.4	68.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
26	68.5	69.3	69.9	69.2	+ 7.1	68.3	70.1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
27	70.5	69.9	71.0	70.5	+ 8.4	69.7	71.4	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	1	0	0	0	....	....
28	70.7	69.9	71.2	70.6	+ 8.6	69.6	71.4	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	0	0	0	0	...	....
29	71.5	72.5	73.3	72.4	+10.4	71.2	73.6	NE. 1	NE. 1	SW. 1	NE. 1	0	0	0	0	...	....
30	72.9	73.1	73.3	**73.1**	**+ 11.1**	72.4	**73.7**	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
Mois	64.76	64.66	65.08	64.83	+ 2.80							3.9	3.8	3.6	3.8	81.4	90

Jour du mois	Température 7 heures	Température 1 heure	Température 9 heures	Température Moyenne 3 Observ.	Température Ecart avec la normale	Température Minimum	Température Maximum	Fraction de saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	0.0	+ 2.6	− 0.5	+ **0.7**	+ 3.9	− 0.9	+ 3.1	38	46	55	46	32	64
2	− 1.4	+ 2.0	− 1.7	− 0.4	+ 2.9	− 2.8	+ 2.5	55	50	54	53	24	62
3	− 1.8	+ 3.0	− 1.2	0.0	+ 3.4	− 2.1	+ 3.5	34	32	35	34	22	48
4	− 2.2	− 0.2	− 3.7	− 2.0	+ 1.6	− 4.6	+ 0.3	33	43	80	52	28	91
5	− 4.4	− 1.2	− 4.2	− 3.3	+ 0.4	− 4.9	+ 0.2	82	74	62	73	57	89
6	− 3.1	+ 2.8	− 2.2	− 0.8	+ 3.1	− 3.2	+ **4.2**	45	39	40	41	32	51
7	− 3.0	+ 1.8	− 6.8	− 2.7	+ 1.3	− 6.9	+ 2.0	46	48	100	65	40	100
8	− 7.0	− 6.4	− 6.4	− 6.6	− 2.5	− 7.0	− 2.6	100	98	100	99	91	100
9	− 5.1	− 0.5	− 4.2	− 3.3	+ 0.9	− 6.8	− 0.2	100	94	100	98	88	100
10	− 5.6	− 5.6	− 7.1	− 6.1	− 1.7	− 7.4	− 4.1	100	100	90	97	85	100
11	− 6.2	− 3.4	− 5.6	− 5.1	− 0.6	− 6.4	− 3.1	60	30	20	37	12	71
12	− 5.0	− 0.7	− 3.0	− 2.9	+ 1.7	− 6.1	− 0.4	21	39	44	35	19	53
13	− 2.0	+ 0.6	− 1.0	− 0.8	+ 4.0	− 3.0	+ 1.0	64	55	70	63	35	76
14	− 0.6	+ 1.6	+ 0.1	+ 0.4	+ 5.3	− 1.8	+ 2.2	15	31	49	32	10	58
15	− 4.4	− 4.2	− 5.8	− 4.8	+ 0.2	− 6.1	+ 0.2	100	100	100	100	52	100
16	− 7.2	− 7.1	− 7.2	− 7.2	− 2.1	− 8.6	− 6.3	100	100	100	100	89	100
17	− 7.2	− 5.9	− 5.9	− 6.2	− 1.0	− 7.4	− 3.8	100	100	100	100	94	100
18	− 6.5	− 2.4	− 5.8	− 4.9	+ 0.5	− 7.0	− 1.8	100	94	49	81	43	100
19	− 5.9	− 3.5	− 7.6	− 5.7	− 0.2	− 9.0	− 2.6	56	52	100	69	42	100
20	− 9.8	− 8.2	−11.5	− 9.8	− 4.2	−12.8	− 7.5	96	98	97	97	87	99
21	−10.4	− 8.9	−12.5	**−10.6**	− **4.9**	**−13.9**	− 8.3	53	95	98	82	41	100
22	− 9.6	− 3.6	− 2.0	− 5.1	+ 0.7	−12.8	− 1.2	97	98	100	98	93	100
23	− 5.4	− 6.9	− 9.2	− 7.2	− 1.3	− 9.9	− 2.6	100	95	95	97	91	100
24	−11.2	− 9.8	− 9.4	−10.1	− 4.1	−12.3	− 8.6	94	90	45	76	43	98
25	− 7.3	− 3.2	− 3.4	− 4.6	+ 1.5	− 9.6	− 2.8	78	57	30	55	24	83
26	− 4.8	− 3.3	− 3.6	− 3.6	+ 2.6	− 6.1	− 3.0	71	82	56	69	38	87
27	− 2.9	0.0	− 2.6	− 1.8	+ 4.5	− 3.8	+ 0.2	43	32	24	33	19	52
28	− 3.0	+ 1.7	+ 0.7	− 0.2	+ 6.2	− 3.2	+ 2.2	24	12	14	**17**	**9**	40
29	− 2.2	+ 0.7	− 1.8	− 1.1	+ 5.4	− 2.5	+ 1.3	15	18	23	19	12	31
30	+ 0.2	+ 1.5	+ 0.1	+ 0.6	+ **7.1**	− 1.2	+ 2.6	15	18	18	**17**	11	24
Mois	− 4.83	− 2.22	− 4.50	− 3.85	+ 1.45	− 6.34	− 1.11	64	64	65	64		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — NOVEMBRE 1908

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + | **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	61.55	61.58	61.54	61.56	63	62	72	66
2e »	66.24	66.23	66.38	66.28	71	70	73	71
3e »	66.50	66.18	67.31	66.65	59	60	50	56
Mois	64.76	64.66	65.08	64 83	64	64	65	64

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 3.36	— 1. 7	— 3.80	— 2.45	— 2.78
2e »	— 5.48	— 3.32	— 5.33	— 4.71	— 4.86
3e »	— 5.66	— 3.18	— 4.37	— 4.40	— 4.39
Mois	— 4.83	— 2.22	— 4.50	— 3 85	— 4.01

Dans ce mois l'air a été calme 0 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{80}{35} = 2.29$.

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
	mm	mm	mm	mm
Eau en millimètres	44.1	39.1	27.8	81.4
Neige en centimètres....	15cm	13cm	39.cm	90cm

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME VINGT-SIXIÈME

(4me PÉRIODE)

1908. — Nos 7 à 12.

Compte rendu des séances de la Société neuchâteloise des sciences naturelles.

Compte rendu des séances de la Société vaudoise des sciences naturelles, à Lausanne.

Compte rendu des séances de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève.

Compte rendu des séances de la Société de chimie de Genève.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

MÉTÉOROLOGIE

CHIMIE

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES
faites à Genève et au Grand Saint-Bernard.

Pages

TABLE DES AUTEURS

POUR LES

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

SUPPLÉMENT

A LA BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ANNÉE 1907, Tomes XXV et XXVI (Quatrième période)

G

Q

R

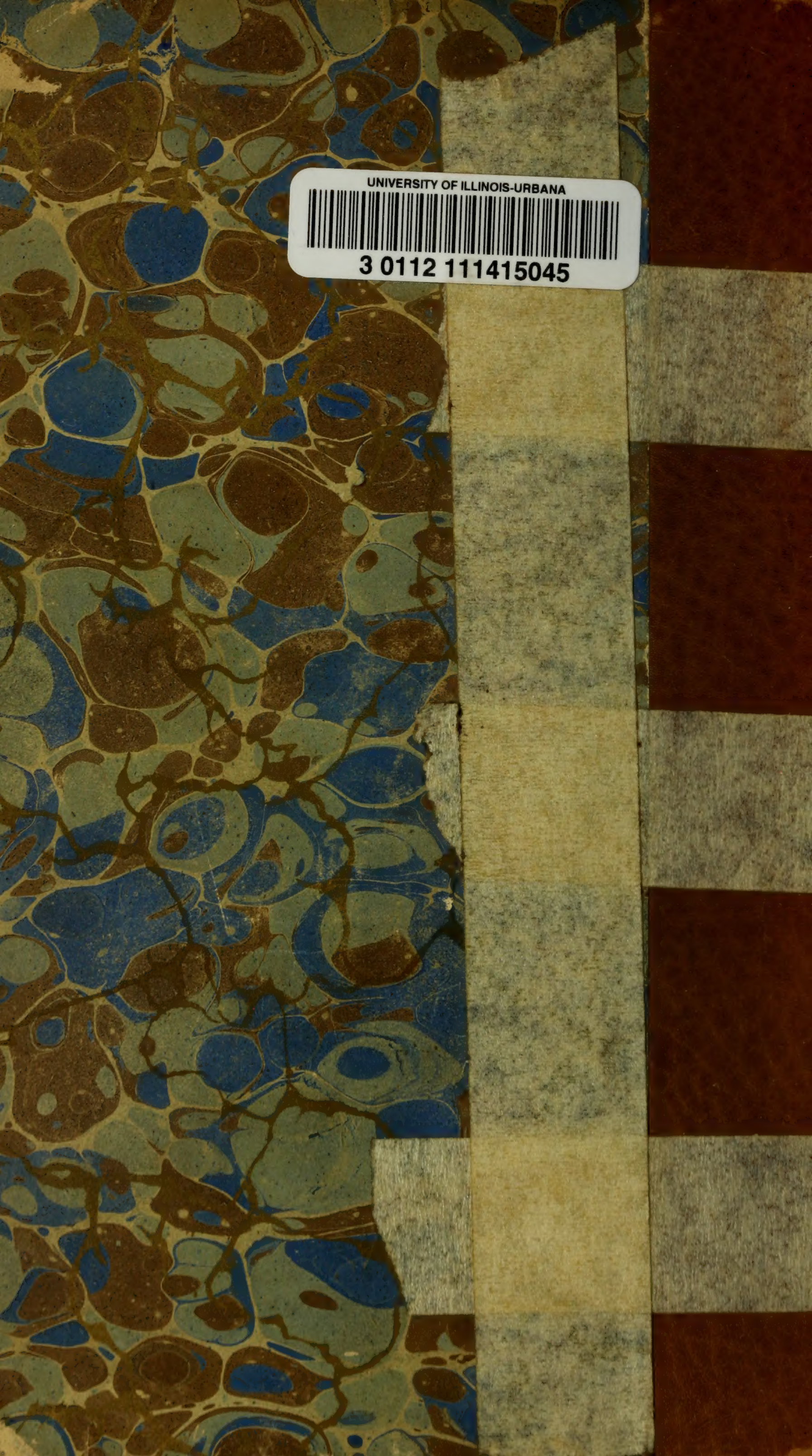
S

Y

Z






UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 111415045